ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 AVRIL 1927.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES BARROIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la mesure des vitesses radiales des étoiles,* Note de M. **Maurice Hamy**.

La détermination des vitesses radiales des étoiles est fondée sur la connaissance des déplacements linéaires des raies de leurs spectres photographiques, par rapport aux positions qu'elles occuperaient, sur les clichés, si ces astres restaient à distance constante de l'observateur.

Une méthode de mesure de ces décalages, très employée dans les observatoires américains, consiste à relever, avec la vis micrométrique d'un comparateur approprié, les positions des raies stellaires et des raies de comparaison. On calcule, à l'aide d'une formule empirique, les longueurs d'ondes approchées des raies stellaires. L'application de la même formule aux raies de comparaison, de longueurs d'ondes connues, fournit, après coup, une courbe de corrections dont on se sert, pour obtenir les longueurs d'ondes exactes, aux erreurs d'observation près, des raies stellaires. Comparant ces longueurs d'ondes à celles des éléments correspondants, données dans les tables du spectre solaire, après avoir tenu compte de corrections relatives au déplacement de la Terre dans son orbite et à sa rotation, on en déduit, par application du principe de Doppler-Fizeau, la vitesse radiale de l'astre étudié par rapport au Soleil.

Une autre méthode de mesure, imaginée par Hartmann, rend inutile la connaissance exacte des longueurs d'ondes des raies de comparaison d'origine terrestre et de celles des raies stellaires. Abrégeant beaucoup les opérations, cette méthode est fondée sur l'examen simultané d'un spectrogramme

stellaire et d'un spectrogramme solaire, tous deux encadrés des mêmes raies terrestres de comparaison et obtenus avec le même spectrographe. On fait en sorte que le spectre solaire proprement dit soit plus large que le spectre stellaire. Ces spectrogrammes sont disposés sur un comparateur spécial, dans des supports indépendants, l'un fixe S_1, l'autre S_2, mobile avec une vis micrométrique, dans le sens de la dispersion. Le comparateur possède un système optique qui permet de voir simultanément les images des deux spectrogrammes, dans le champ du microscope. Grâce à un artifice expérimental, l'image du spectrogramme stellaire apparaît divisée en bandes longitudinales, alternativement éclairées et opaques. La bande centrale comprend l'image du spectre stellaire proprement dit; les autres, les images de tronçons des raies de comparaison. L'image du spectrogramme solaire apparaît également divisée en bandes longitudinales, complémentaires de celles du spectrogramme stellaire.

Quand, à l'aide de réglages convenables, on fait coïncider les axes de symétrie des images des deux spectrogrammes, les apparences sont les suivantes. La bande centrale, contenant l'image du spectre stellaire proprement dit, est imbriquée entre deux bandes symétriques de l'image du spectre solaire proprement dit, auxquelles sont juxtaposés des tronçons détachés à la base des raies de comparaison du spectrogramme solaire. Les bandes immédiatement voisines et plus éloignées de l'axe de symétrie comprennent les images de tronçons des raies de comparaison provenant du spectrogramme stellaire. Viennent ensuite des bandes comprenant les images de tronçons des raies de comparaison appartenant au spectrogramme solaire.

La mesure du décalage des raies stellaires par rapport aux raies solaires appartenant aux mêmes éléments, dont on déduit, par le calcul, les vitesses radiales, se fait en alignant successivement les tronçons des raies communes aux spectres stellaire et solaire proprement dits, en agissant sur la vis micrométrique du rapport S_2, puis les tronçons des deux spectres de comparaison. La différence des lectures du tambour micrométrique donne la valeur du décalage moyen de l'ensemble des raies, visibles au centre du champ, dans les diverses régions des spectrogrammes que l'on soumet successivement à l'examen.

Pour réaliser un dispositif propre à l'emploi de cette méthode, j'ai placé, sur les supports S_1, S_2, contre les spectrogrammes, des cadres C_1 et C_2, sur lesquels sont tendus des fils métalliques parallèles bien droits. Les espaces compris entre ces fils constituent les fenêtres longitudinales qui détachent les bandes éclairées dans les spectrogrammes. Les épaisseurs des fils et leurs

écartements sont calculés de façon que les cadres soient complémentaires; à cet effet les intervalles séparant les fils de l'un sont égaux aux épaisseurs des fils de l'autre et réciproquement. Le système optique adopté, pour réaliser la superposition des images, dans le champ du microscope, est équivalent au suivant. Les rayons émanant de C_1 sont renvoyés dans le microscope, par réflexion sur une glace semi-argentée; les rayons émanant de C_2 pénètrent dans le microscope, après réflexion sur un miroir argenté à fond et passage à travers la glace semi-argentée.

La précision des mesures est fort réduite, lorsque le spectre stellaire est presque linéaire. Les évasements terminaux des raies gênent d'ailleurs alors considérablement les alignements. On ne peut les éliminer qu'en rétrécissant la fenêtre centrale du cadre, disposé devant le spectrogramme stellaire, ce qui amoindrit encore la largeur du spectre de l'astre. Cependant, n'étaient ces effets défavorables, il y aurait grand intérêt, afin de réduire les temps de poses, à réaliser des spectres stellaires étroits. Pour concilier ces exigences contradictoires, j'ai été amené à apporter des modifications profondes, dont je poursuis actuellement la réalisation, à la méthode qui vient d'être décrite.

En vue de faciliter l'exposition, je supposerai que le spectre solaire, intervenant dans les mesures, est disposé sur le support S_2, mobile avec la vis micrométrique, ainsi que le cadre C_2 qui y est fixé. Disposant le cadre C_1, sur le support S_1, de façon que son image, dans le champ du microscope, soit imbriquée dans l'image du cadre C_2, j'admettrai que la fenêtre centrale de C_1 possède une largeur suffisante, pour que les images des raies d'un spectre stellaire qui occuperait toute cette largeur soient faciles à aligner avec les tronçons d'images des raies solaires qui l'encadrent. Cela étant, je ne place pas le spectrogramme stellaire à mesurer, étroit ou non, sur le support S_1. Je le dispose sur un support auxiliaire S'_1 portant un cadre C'_1 parallèle à C_1, dont la fenêtre centrale est assez rétrécie, pour masquer les extrémités évasées du spectre stellaire proprement dit. Les fenêtres longitudinales du cadre C'_1, détachant des tronçons des raies de comparaison, dans le spectrogramme stellaire, peuvent avoir mêmes largeurs ou être plus étroites que les fenêtres correspondantes du cadre C_1; mais les centres de ces largeurs doivent être aux mêmes distances de l'axe de symétrie, dans l'un et l'autre cadre.

Le cadre C'_1 et le spectrogramme stellaire, contre lequel il est maintenu, sont projetés, sans agrandissement, sur le cadre C_1, de façon que l'image de l'axe de symétrie de C'_1 coïncide avec l'axe de symétrie de C_1. Dans le

champ du microscope, l'image du spectre stellaire proprement dit occupe alors la partie moyenne de l'image plus large de la fenêtre centrale du cadre C_1. Les tronçons des raies de comparaison du spectrogramme stellaire s'inscrivent d'ailleurs comme précédemment, à l'intérieur des images des fenêtres correspondantes du cadre C_1. L'objectif de projection, exempt de distorsion, est monté à l'extrémité d'une branche de diapason, entretenu électriquement; la seconde branche porte une masse d'équilibre. Quand on fait vibrer le diapason, l'objectif est entraîné, perpendiculairement au sens de la dispersion des spectrogrammes; l'image du spectre stellaire s'élargit et occupe toute la largeur de l'image de la fenêtre centrale du cadre C_1, en réglant convenablement l'amplitude des oscillations. Les images des tronçons des raies de comparaison du spectrogramme stellaire occupent, eux aussi, la largeur entière des images des fenêtres du cadre C_1. Les choses se passent donc, pour l'observateur qui examine le champ du microscope, comme si le spectre stellaire lui-même avait la largeur de la fenêtre centrale du cadre C_1 et était disposé contre ce cadre. Les mesures s'exécutent comme on l'a expliqué plus haut.

La vibration rapide, imprimée à l'image du spectre stellaire, fait disparaître le grain de la gélatine de la couche photographique. Cet effet est éminemment favorable à la précision des mesures.

Les supports S_1, S_2, S'_1, montés sur un même chariot, peuvent recevoir un déplacement d'ensemble qui fait défiler les diverses régions des spectrogrammes devant le microscope d'observation, fixé lui-même au bâti, sur lequel coulisse le chariot, ainsi que le support du diapason. Sur le même bâti, est installé un système redresseur de jumelle à prismes, pour retourner, sur le cadre C_1, l'image renversée du spectrogramme stellaire, fournie directement par l'objectif en vibration.

Si, au lieu d'associer un spectrogramme stellaire à un spectrogramme solaire, on voulait comparer directement deux spectrogrammes stellaires, il faudrait adjoindre au support S_2 un support auxiliaire S'_2, portant le second spectre stellaire et un cadre C'_2, projeté sur le cadre C_2 avec un second objectif mis en vibration. C'est le support S'_2 qui devrait alors être muni de la vis micrométrique, servant à mesurer le décalage des raies. Le redressement des images spectrales, projetées sur C_1 et C_2, serait inutile. On donnerait à la vibration de l'objectif, projetant C'_2 sur C_2, l'amplitude voulue, pour que l'image du second spectre stellaire sur C_2 occupe la largeur du spectre solaire dont elle tient la place.

La comparaison directe de deux spectrogrammes d'une étoile conve-

nable, pris à six mois d'intervalle, est particulièrement appropriée à la détermination spectroscopique de la parallaxe solaire. Grâce à la disparition du grain photographique, elle serait capable de conduire à des résultats précis, en employant des spectrogrammes fortement dispersés.

RADIOCHIMIE. — *Rôle de l'induction moléculaire dans l'activation par choc.* Note [1] de M. **Jean Perrin** et Mlle **Choucroun**.

Nous avons montré que lors d'une réaction entre glycérine et corps fluorescent (bleu de méthylène), déterminée par la lumière qui excite la fluorescence, la vitesse de réaction varie en fonction de la concentration c de ce corps comme varie son pouvoir fluorescent [2]. En sorte que, tenant compte de la loi de décroissance de ce pouvoir en fonction de la concentration [3], le terme en c qui figure dans l'énoncé classique de la loi d'action de masse doit être remplacé par un terme ce^{-kc}. Ce qui tient à ce que la vie moyenne dans l'état activé de la molécule capable de fluorescence est abrégée par une induction moléculaire [4], due à l'approche de molécules de même sorte (isochrones).

Dans les conditions de nos expériences, la réaction qui est seulement photochimique en ce qui regarde le bleu de méthylène, est seulement thermique en ce qui regarde la glycérine; l'activation ici nécessaire [5] des molécules de ce corps est due seulement à des actions (chocs ou radiations isothermes) dont la moyenne est fixée avec la température.

Il est intéressant de savoir comment varie la vitesse de réaction en fonction de la concentration d'un corps dont les molécules sont activées seulement par voie thermique. Cette vitesse de réaction doit être proportionnelle à la concentration en molécules activées, c'est-à-dire au produit de la *natalité* de ces molécules par la durée moyenne de leur vie dans l'état activé [6].

Cette durée moyenne diminue certainement, par suite de l'induction

---

(1) Séance du 20 avril 1927.

(2) Jean Perrin et Mlle Choucroun, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 329.

(3) Francis Perrin, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1978.

(4) Jean Perrin, *Lumière et réactions chimiques* (*Conseil de Chimie Solvay*, 1925, p. 366-396; Gauthier-Villars).

(5) Jean Perrin, *Cas où la réaction dépend de la température* (selon la loi d'Arrhenius) (*Comptes rendus*, 177, 1923, p. 665).

(6) Jean Perrin, *Lumière et réactions chimiques* (*Conseil de Chimie Solvay*, 1925, p. 365-696; Gauthier-Villars).

moléculaire, quand la concentration grandit. On pouvait admettre, et c'est ce que d'abord nous avions implicitement admis, que, dans une solution liquide où le nombre des chocs ne change pratiquement pas avec la concentration, la natalité à température fixée ne dépend pas de la concentration. L'activité chimique (quotient de la vitesse de réaction par la concentration) qui doit demeurer fixe si la loi d'action de masse est valable croîtrait alors quand la concentration décroîtrait.

Nous avions trouvé ([1]) en effet pour des teneurs en glycérine

0,3 0,1 0,01

des activités proportionnelles à

12 30 120.

Mais depuis, Mlle Choucroun a vu que des traces infinitésimales d'ions oxhydrile catalysent la réaction et qu'il est indispensable d'opérer à titre fixe en ions OH^- par le moyen d'une solution tampon ([2]).

De même que nous avons alors repris l'étude de l'influence de la concentration du corps fluorescent sur la vitesse de réaction (ce qui nous a précisément permis de trouver la proportionnalité de la vitesse au pouvoir fluorescent), nous avons repris l'étude de l'influence de la concentration en glycérine, dans les mêmes conditions expérimentales ([3]).

Nous avons trouvé cette fois pour les teneurs en glycérine

0,5 0,1 0,05 0,02

des activités (quotient de la vitesse par la concentration) proportionnelles à

12 12 11 16

Pour des concentrations plus faibles, la vitesse de réaction décroissant sans cesse, une influence propre de la solution tampon, négligeable aux concentrations précédentes devient prédominante.

Ainsi, contrairement à ce que nous avions dit, la loi d'action de masse est valable pour un corps activé seulement par voie thermique, même dans les limites de concentration où l'induction moléculaire réduit à coup sûr beaucoup la vie moyenne dans l'état excité.

Il faut donc qu'une compensation exacte se produise, par une natalité accrue des molécules activées. Et ceci, imposé par la Thermodynamique

([1]) Jean Perrin et Mlle Choucroun, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 401.

([2]) Mlle Choucroun, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 557.

([3]) Mlle Choucroun, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 357.

pour un *gaz* en équilibre thermique, où la proportion entre les divers états stationnaires possibles pour une molécule est fixée à température définie, est en accord avec la notion d'équilibre statistique. Les mêmes causes qui jouent par induction, quand une molécule ordinaire s'approche d'une molécule activée, pour la désactiver en transformant en énergie cinétique le quantum d'excitation, joueront également par induction dans le sens inverse, quand une molécule ordinaire s'approche d'une molécule ordinaire (choc) pour transformer leur énergie cinétique en énergie d'activation.

Il y a là un phénomène de résonance qui ne se produit pas dans le choc entre la molécule activable et une molécule d'espèce différente, non isochrone.

La mise en évidence d'une énorme *sensibilité sélective* au choc, entre deux molécules de même sorte et plus généralement entre deux molécules isochrones, est le résultat positif de l'étude expérimentale ici résumée.

THERMOCHIMIE. — *Recherches sur les carbonates thalleux.* Note [1] de M. **R. de Forcrand.**

On a souvent signalé que les dissolutions aqueuses de la base H — OTl absorbent rapidement le gaz carbonique, à peu près comme le font les dissolutions de potasse ou de soude.

Le carbonate neutre CO^3Tl^2 s'obtient aisément par évaporation de la dissolution faite en saturant la base par CO^2; il forme de très beaux cristaux en longues aiguilles incolores. Il est anhydre.

Pour préciser ces faits j'ai d'abord dissous dans un excès d'eau ce carbonate neutre, ce qui m'a donné $-7^{Cal},198$ pour 468^g de CO^3Tl^2, à $+17^o$.

A cette dissolution j'ai ajouté la quantité équivalente de SO^4H^2 dissous : $+10^{Cal},843$.

Enfin j'ai mesuré directement la chaleur de neutralisation de CO^2 dissous par $(H - OTl)^2$ dissous, ce qui fournit $+20^{Cal},326$ pour CO^2 (toujours à $+17^o$). On sait d'ailleurs que la neutralisation de $(H - OTl)^2$ par SO^4H^2, tous deux dissous, est $+31^{Cal},268$.

La différence : $+31,268 - 10,843 = +20^{Cal},425$, doit se confondre — et se confond en effet — avec $+20,326$ mesuré directement.

J'adopterai la moyenne : $+20^{Cal},375$.

(1) Séance du 20 avril 1927.

Or les carbonates alcalins neutres donnent comme chaleur de neutralisation ($CO^2 + 2MOH$) :

Cs^2.	Rb^2.	K^2.	Na^2.	Moyenne.
+ 20,57	+ 20,57	+ 20,20	+ 20,50	+ 20,460

C'est le même nombre que pour le thallium : + 20,375.

Donc, à ce point de vue, l'hydroxyde H — OTl se comporte absolument comme une véritable base alcaline.

Et il en est de même lorsqu'on envisage la neutralisation : $CO^2 + MOH$

+ 11,25 pour Cs, + 11,03 pour Rb, + 11,00 pour K,
+ 11,10 pour Na, + 11,45 pour Tl,

ce qui est la neutralisation conduisant au sel acide : CO^3HM.

En fait il serait intéressant de savoir si le thallium peut fournir un bicarbonate comparable aux bicarbonates alcalins et d'avoir une idée de sa stabilité.

On a déjà signalé à plusieurs reprises un composé de ce genre. On l'obtient aisément — bien qu'avec un rendement assez faible — en saturant, vers 0°, une dissolution concentrée de carbonate neutre par un courant de gaz carbonique, puis ajoutant un volume double d'alcool absolu refroidi à 0° et saturé de CO^2.

Il se précipite un corps pulvérulent, en petits cristaux durs et brillants, d'un aspect assez différent de celui des longues aiguilles du carbonate neutre. Il est stable à froid et n'absorbe ni ne dégage de gaz carbonique.

Sa dissolution dans l'eau m'a donné $-5^{Cal},472$ pour CO^3HTl (265^g) à +17°.

Tous ces nombres permettent de calculer les valeurs suivantes :

$$C + O^3 + K^2 = CO^3K^2 \text{ sol.} + 275{,}41^{Cal};$$
$$C + O^3 + Na^2 = CO^3Na^2 \text{ sol.} + 271{,}99;$$
$$C + O^3 + Tl^2 = CO^3Tl^3 \text{ sol.} + 167{,}17;$$
$$C + O^3 + H + K = CO^3HK \text{ sol.} + 231{,}61 \ (^1);$$
$$C + O^3 + H + Na = CO^3HNa \text{ sol.} + 228{,}41;$$
$$C + O^3 + H + Tl = CO^3HTl \text{ sol.} + 171{,}18.$$

Ce tableau montre que pour les deux carbonates le thallium. pris ici à

---

(1) Au sujet des analogies entre Cs, Rb et K, voir ma Note aux *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 719.

l'état de métal et non plus à l'état de base, s'écarte absolument des métaux alcalins. C'est un métal *lourd*, analogue au plomb. La chaleur de formation du carbonate neutre est, à partir des éléments, pour le zinc + 180, pour le cuivre + 143. Le plomb lui-même donne, dans ce cas, exactement le même nombre que le thallium : $+166^{\text{Cal}},7$, au lieu de + 167,17.

La façon dont se comporte le thallium est donc tout à fait différente suivant qu'il agit à l'état de base ou à l'état de métal.

Qu'arriverait-il si nous partions du thallium sous forme d'oxyde Tl^2O ou de sel? Nos nombres peuvent encore nous permettre de répondre, au moins dans quelques cas.

Prenons d'abord la chaleur de formation des carbonates neutres anhydres à partir de CO^2 gaz et de l'oxyde. Le thallium donne

$$CO^2_{\text{gaz}} + Tl^2O_{\text{sol.}} = CO^3Tl^2_{\text{sol.}} + 30^{\text{Cal}},09 \quad (^1)$$

alors que les principaux métaux se classent dans l'ordre suivant :

$Cs^2 + 97,53$; $K^2 + 94,26$; $Na^2 + 76,88$; $Ba + 63,44$; $Li^2 + 53,24$; $Ca + 42$;

puis

Mg + 28,90; Fe + 24,5; Pb + 21,6; Cu + 10,8;

le thallium venant se placer entre les métaux alcalins et alcalino-terreux et les métaux lourds bien après le potassium, bien avant le plomb ou le cuivre, lesquels fournissent des carbonates basiques, mais non des carbonates acides. Le thallium est à la limite de ces deux groupes.

Nous pourrions encore discuter la réaction suivante :

$$CO^3M^2 \text{ sol.} + H^2O \text{ liq.} + CO^2 \text{ gaz} = 2\,CO^3MH \text{ sol.} \quad (^2).$$

On aurait :

$Cs^2 + 28,01$; $Rb^2 + 25,63$; $K^2 + 24,50$; $Na^2 + 21,52$; $Tl^2 + 11,94$.

Ce dernier nombre est très faible et indique bien un passage insensible d'abord aux métaux alcalino-terreux qui ne donnent que des bicarbonates

(1) Ce nombre + 30,09 conduirait à une température de dissociation de $\frac{30090}{32}$, soit environ 940° abs. ou 667° C.; mais on ne peut le vérifier car le carbonate neutre CO^3Tl^2 fond bien avant 667° (+ 272° d'après Carnelley).

(2) C'est la réaction qui se produit lorsqu'on fait agir CO^2 sur le carbonate neutre de sodium avec précipitation de bicarbonate. La réaction inverse représente la décomposition par la chaleur de deux molécules de bicarbonate avec dégagement de CO^2.

non insolables et peut-être déjà des carbonates basiques très peu stables, puis aux métaux lourds qui ne forment pas de bicarbonates mais des carbonates basiques de plus en plus stables.

Tous ces résultats contribuent à fixer le rôle chimique du thallium.

NOMINATIONS.

M. **L. Joubin** est désigné pour représenter l'Académie au *X[e] Congrès International de Zoologie* qui se tiendra du 4 au 9 septembre 1927 à Budapest (Hongrie).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Preservation of Natural Monuments in Japan*, issued by the Department of Home Affairs.

2° Pan-Pacific Science Congress. 1926. Japan. *Guide-books of the Excursions*.

3° Régence de Tunis. Protectorat français. *Catalogue illustré du Musée et de l'Aquarium de la Station océanographique de Salammbô*, par H. Heldt. Préface de Louis Roule. (Présenté par M. L. Joubin.)

4° *Mémento du Chimiste* (I. Partie Scientifique) rédigé sous la direction de Marcel Boll et Paul Baud. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

THÉORIE DES PROBABILITÉS. — *Sur des propriétés des nombres premiers, éclaircies par la théorie des probabilités dénombrables.* Note [1] de M. **Erhard Tornier**, transmise par M. Émile Borel.

1. Nous nous proposons de montrer dans cette Note comment, moyennant deux postulats simples, on peut déduire de la théorie des probabilités

(1) Séance du 20 avril 1927.

dénombrables non seulement beaucoup de propriétés connues sur les nombres premiers, mais aussi rendre vraisemblables beaucoup d'autres propriétés, dont les unes sont confirmées par les résultats de la théorie exacte des nombres premiers, tandis qu'aux autres on ne peut faire, dans l'état actuel de la théorie exacte, aucune objection sérieuse.

Il s'agit donc d'une méthode d'investigation qui permet d'éclaircir des questions d'analyse pure, comme le fait la physique mathématique avec les données naturelles. De même qu'il faut vérifier les résultats de la physique mathématique par l'expérience, il sera toujours nécessaire de vérifier les résultats obtenus par une démonstration exacte.

Nous laisserons de côté la question de savoir si la théorie des probabilités est capable de produire dans la théorie des nombres des démonstrations exactes, question qui exigera sans doute des recherches axiomatiques extrêmement difficiles dans les deux domaines.

A propos des postulats suivants je remarque :

Le premier postulat est presque toujours facile à vérifier sans peine.

Le deuxième postulat au contraire peut avoir un rapport avec la supposition de Riemann sur les racines de la fonction ζ, car il entraîne cette supposition.

Premier postulat. — Les probabilités, dont nous ferons usage, existent.

Deuxième postulat. — Soit E une des qualités considérées dans la suite, qui appartient ou non à chaque nombre entier. La série spéciale d'expérience $1, 2, 3, \ldots, x$ appartient, x croissant, à celles auxquelles on peut appliquer le théorème de Bernoulli, c'est-à-dire que l'ordre des écarts est tout au plus $\sqrt{x}$.

2. La probabilité qu'un nombre entier appartienne à une certaine classe mod m (m nombre entier) est $\frac{1}{m}$.

Pour appliquer cette notion à des exemples très simples, nous démontrons :

1° La quantité $\varphi(m)$ des classes premières à m est $m\prod_{i=1}^{r}\left(1-\frac{1}{p_i}\right)$ si $m=\prod_{i=1}^{r}p_i^{\alpha_i}$; $\omega_m=\prod_{i=1}^{r}\left(1-\frac{1}{p_i}\right)$ est donc la probabilité qu'un nombre soit premier à m. En outre, $\frac{1}{m}$ est la probabilité qu'un nombre appartient à une certaine classe mod m, Il s'ensuit que $\frac{1}{m}\varphi(m)$ est la probabilité qu'un

nombre appartient à une classe quelconque première à m. Cela veut dire $\frac{1}{m}\varphi(m)=\omega_m=\prod_{i=1}^{r}\left(1-\frac{1}{p_i}\right)$, $\varphi(m)=m\prod_{i=1}^{r}\left(1-\frac{1}{p_i}\right)$. (La démonstration pour les normes des idéaux est analogue.)

2° $\sum_{\delta/m}\varphi(\delta)=m$ (δ parcourant tous les diviseurs de m). On réunit toutes les classes mod m en groupes correspondant aux plus grands diviseurs δ', qu'ils ont communs avec m. Soit $\delta\delta'=m$; un nombre appartient au groupe caractérisé par δ' si ce nombre est divisible par δ' et premier à δ. La probabilité pour qu'un nombre ait cette propriété est analogue à 1° : $\frac{1}{\delta'}\frac{\varphi(\delta)}{\delta}$. On peut conclure du théorème des probabilités totales : $1=\sum\frac{1}{\delta'}\frac{\varphi(\delta)}{\delta}$, où δ' parcourt tous les diviseurs de m ; d'où $\sum_{\delta/m}\varphi(\delta)=m$.

3° L'ensemble des nombres premiers est infini et la somme des inverses divergente.

Si $p_1, p_2, \ldots, p_r$ étaient tous les nombres premiers, $\prod_{i=1}^{r}\left(1-\frac{1}{p_i}\right)$ serait la probabilité qu'un nombre ne soit pas divisible par un nombre premier quelconque ; cette probabilité devrait être zéro. Cette contradiction entraîne que la suite des nombres premiers est dénombrable. Le produit correspondant $\prod_{i=1}^{\infty}\left(1-\frac{1}{p_i}\right)$ tend vers zéro pour la même raison, c'est-à-dire que la série $\sum_{i=1}^{\infty}\frac{1}{p_i}$ est divergente.

4° Soit $\pi(x)$ le nombre des nombres premiers $\leqq x$, on a $\lim_{x\to\infty}\frac{\pi(x)}{x}=0$.

On démontre aisément ce fait en envisageant la probabilité pour qu'un nombre soit ou divisible par un seul des nombres premiers $\leqq x$ et non par le carré de ce nombre premier, ou qu'il soit premier à tous les nombres premiers $\leqq x$. Parmi ces nombres sont inclus évidemment tous les nombres premiers $\leqq x$. La démonstration est simple après ces remarques.

3. Je crois que pour les recherches détaillées sur cet objet, des réflexions analogues à celles de M. Khintchine (*Math. Annalen*, Bd 96) quant à la loi des grands nombres, seraient utiles. Cependant il faut modifier ces recherches de M. Khintchine à cause de certaines propriétés de la série des nombres entiers; car il est vraisemblable que « la frontière exacte supé-

rieure des écarts » est toujours plus petite dans notre sujet, parce que les écarts pour la divisibilité par m de tous les nombres $\leq x$ sont toujours limités à $m-1$.

Remarques sur la Note de M. Erhard Tornier, *par* M. **Émile Borel.**

La Note de M. Tornier attirera l'attention de tous ceux qui s'intéressent à la théorie des nombres et au calcul des probabilités. Elle montre que la théorie des probabilités dénombrables, jusqu'ici peu étudiées, peut avoir des applications très étendues.

Mais il ne faut pas se dissimuler que de nombreuses difficultés subsistent. En particulier, M. Tornier n'effleure pas la question de l'*indépendance* des probabilités qu'il utilise. Il est probable que dans les questions traitées ici, il n'y aurait pas là une difficulté sérieuse; il convenait néanmoins de la signaler. En tout cas, il y a certainement un champ important de recherches à explorer.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégration des suites de fonctions totalisables*. Note [1] de M. **A. Kovanko**, transmise par M. Émile Borel.

Je voudrais faire une remarque sur la Note de M. G. Fichtenholz [2] à propos de ma Note de l'an dernier [3].

Il est bien vrai que le lemme que j'ai énoncé est inexact. Mais j'ai aussi remarqué que la démonstration du théorème fondamental que j'énonce dans la même Note peut être achevée directement, sans faire usage du lemme énoncé.

Nous avons ainsi le théorème suivant :

Théorème. — Soit $f_1(x)$, $f_2(x)$, $f_3(x)$, ... une suite de fonctions totalisables qui converge en mesure vers $f(x)$ sur (a, b).

Si $\lim_{n=\infty}(\mathcal{D})\int_{\bar{E}} f_n(\alpha)\,d\alpha$ est une fonction d'ensemble $\bar{E}$ qui possède toutes les propriétés caractéristiques de l'intégrale $(\mathcal{D})$ (donc égale à la tota-

(1) Séance du 20 avril 1927.

(2) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 436.

(3) *Ibid.*, **183**, 1926, p. 471.

lisation de quelque fonction), alors $f(x)$ est totalisable sur (a, b), et $\lim_{n=\infty}(\varpi)\int_a^x f_n(\alpha)\,d\alpha = (\varpi)\int_a^x f(\alpha)\,d\alpha$ et vice versa [$\bar{\mathrm{E}}$ toute partie mesurable de (a, b)].

MÉCANIQUE. — *Sur la période propre des régulateurs directs.* Note de M. **Louis Barbillion**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans un régulateur direct supposé sans inertie et donc parfaitement sensible, si l'on désigne par h la distance du manchon à un plan horizontal inférieur de définition, par E_i l'écart relatif de vitesses entre la marche en charge ω_0 et la marche à vide ω_v, par ω la vitesse instantanée, $z = \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}$ et h seront représentés en fonction du temps par des courbes dont les ordonnées sont approximativement proportionnelles. On aura donc :

(1) $$h = Az = AE_i\left[1 - e^{-\frac{t}{2\mathcal{T}E_i}}\right]$$

A étant un facteur de proportionnalité, et $\mathcal{T}$ étant le quotient de la force vive du groupe, par la puissance maximum de celui-ci.

D'autre part, le régulateur possède, comme tous les systèmes oscillants, une période propre T_R. MM. Boucherot et Mougin ont montré que dans les oscillations de ce régulateur, tout se passait comme si, dans sa position effective, définie par $(h + x)$, à chaque instant le manchon était sollicité de revenir vers sa position idéale h (celle correspondant à un régulateur parfait qui n'aurait pas d'oscillations propres), par une force ax proportionnelle à la distance x.

En désignant par A l'amortissement du régulateur, par m sa masse, et Γ étant une constante à déterminer, le mouvement propre du régulateur est caractérisé par l'équation

(2) $$x = \Gamma e^{-\frac{A}{2m}t}\,\frac{1}{2\mathcal{T}E_i}\sin\beta t$$

avec

$$\beta = \frac{2\pi}{T_R} = \sqrt{4am - A^2} \qquad \text{et} \qquad \frac{A}{2m} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}}\frac{1}{T_R}$$

et en supposant enfin, valeur fréquemment rencontrée,

$$A = \frac{1}{2} A_c,$$

A_c amortissement critique.

L'ordonnée du mouvement résultant est la somme algébrique des deux précédents, une fois fixées les constantes de départ par les relations

$$h + x = 0, \qquad \frac{d}{dt}(h + x) = 0 \quad \text{pour} \quad t = 0,$$

$$(3) \qquad \boxed{\frac{h+x}{A} = E_i\left(1 - e^{-\frac{t}{2\mathfrak{T}E_i}}\right) - \frac{1}{2\mathfrak{T}E_i}\,\frac{-T_R}{2\pi}\sin\beta t\, e^{-\frac{A}{2m}t}.}$$

Pour que, au cours de son passage de la vitesse de pleine charge à la vitesse à vide, le régulateur ne dépasse pas cette dernière limite, il faut, tous calculs effectués, que l'inégalité ci-après soit vérifiée :

$$(4) \qquad \boxed{\left[-e^{-\frac{t}{2\mathfrak{T}E_i}} - e^{-\frac{A}{2m}t}\,\frac{T_R}{2\pi}\sin\frac{2\pi t}{T_R}\right] < 0.}$$

Cette condition équivaut, en dernière analyse, à la suivante :

$$(5) \qquad \boxed{T_R < 3{,}70\,(2\mathfrak{T}E_i).}$$

Dans un Mémoire publié en 1913 dans la *Revue de l'Industrie minérale*, M. Chipart, analysant les travaux de M. Lecornu sur la matière, a montré que la condition de stabilité du régulateur direct, indiquée par ce savant, pouvait se mettre sous la forme ci-après :

$$(6) \qquad \boxed{T_R < 4{,}48\,(2\mathfrak{T}E_i).}$$

A titre d'application, si l'on suppose, valeur fréquemment rencontrée, que $\mathfrak{T}$ soit égal à 10 et que E soit égal à 5, il en résulte que la période propre du régulateur doit ici être inférieure à 3,70 secondes. Cette valeur, obtenue ainsi par un calcul très simple, se rapproche de celle indiquée par MM. Lecornu et Chipart. Elle corrobore généralement cette constatation qu'il y a intérêt, dans l'emploi des régulateurs directs, à ne pas leur laisser détenir des périodes propres supérieures à deux ou trois secondes.

MÉCANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode pour étudier le mouvement d'un corps solide*. Note [1] de M. **Haroutune Anjour**, transmise par M. G. Kœnigs.

Dans les problèmes de mécanique, la principale difficulté consiste à apercevoir les cas susceptibles de conduire à une intégration complète des équations du problème.

Je me propose un moyen d'arriver à ce but en mettant en évidence les grandeurs, que j'appelle les impulsions des moments des forces, désignant par ces termes les intégrales telles que

$$\int \Sigma(\mathrm{Y}_{i_1} x_{i_1} - \mathrm{X}_{i_1} y_{i_1})\, dt = \mathrm{S}; \qquad \int \Sigma(\mathrm{Z}_{i_1} y_{i_1} - \mathrm{Y}_{i_1} z_{i_1})\, dt = \mathrm{T};$$
$$\int \Sigma(\mathrm{X}_{i_1} z_{i_1} - \mathrm{Z}_{i_1} x_{i_1})\, dt = \mathrm{U}.$$

Je prends l'application de cette idée de la dynamique au corps solide.

Dans les théorèmes concernant les moments des forces, qui auront la même forme pour un corps, dont un point O est fixe, par rapport aux axes fixes $\mathrm{OX_1Y_1Z_1}$, ou pour un corps libre, par rapport aux axes $\mathrm{OX_1Y_1Z_1}$, parallèles aux axes fixes et dont l'origine O est au centre de gravité, notamment :

$$\int \Sigma(\mathrm{Y}_{i_1} x_{i_1} - \mathrm{X}_{i_1} y_{i_1})\, dt = \Sigma m_i \left(x_{i_1} \frac{dy_{i_1}}{dt} - y_{i_1} \frac{dx_{i_1}}{dt} \right), \ \ldots,$$

on exprimera les coordonnées x_{i_1}, y_{i_1}, z_{i_1} des points du corps figurant dans les seconds membres des équations, en fonction des coordonnées x_i, y_i, z_{i_1} des mêmes points par rapport aux axes principaux du corps OXYZ et des angles d'Euler φ, ψ, θ.

Les moments principaux d'inertie A, B, C s'introduiront, qui seront relatifs au point fixe quand le corps a un tel point, et relatifs au centre de gravité, dans le cas d'un corps libre. Pour la commodité des applications, résolvons ensuite les équations obtenues par rapport aux dérivées des angles

---

[1] Séance du 20 avril 1927.

d'Euler; nous obtiendrons alors comme équations définitives :

$$
(1)\quad \left\{
\begin{aligned}
\frac{d\varphi}{dt} &= \left[\frac{A-C}{AC} - \frac{(A-B)\cos^2\varphi}{AB}\right]\cos\theta . S + \frac{(A-B)\sin\varphi\cos\varphi\cos\theta}{AB\sin\theta} P \\
&\quad + \left[\frac{\sin\theta}{C} + \frac{(A-B)\cos^2\varphi + B}{AB\sin\theta}\cos^2\theta\right] Q; \\
\frac{d\psi}{dt} &= \frac{(A-B)\cos^2\varphi + B}{AB} S - \frac{(A-B)\sin\varphi\cos\varphi}{AB\sin\theta} P \\
&\quad - \frac{(A-B)\cos^2\varphi + B}{AB\sin\theta}\cos\theta . Q; \\
\frac{d\theta}{dt} &= -\frac{(A-B)\sin\varphi\cos\varphi\sin\theta}{AB} S + \frac{(A-B)^2\sin^2\varphi\cos^2\varphi + AB}{[(A-B)\cos^2\varphi + B]AB} P \\
&\quad + \frac{(A-B)\sin\varphi\cos\varphi\cos\theta}{AB} Q,
\end{aligned}
\right.
$$

où

$$(a)\qquad P = \cos\psi . T + \sin\psi . U \quad \text{et} \quad Q = \sin\psi . T - \cos\psi . U.$$

Les équations (1) suffisent, quand les forces sont données en fonction du temps seul, comme le montre l'exemple plus loin. Dans le cas des percussions, les équations (1) donnent par leurs formes mêmes la solution définitive, S, T, U étant alors les expressions des sommes des moments des percussions.

Quand les forces sont données en fonction des angles d'Euler, alors il est plus commode de choisir, au lieu de S, T, U, les variables S, P, Q, qui sont liées aux moments des forces données par les relations, que l'on tire des relations (a), notamment

$$(2)\qquad \frac{dS}{dt} = L; \qquad \frac{dQ}{dt} = M_q + P\frac{d\psi}{dt}; \qquad \frac{dP}{dt} = M_p - Q\frac{d\psi}{dt},$$

où M_p est le moment des forces par rapport à l'axe des nœuds O_p (l'axe perpendiculaire au plan Z_1OZ), M_q le moment des forces par rapport à l'axe O_q, perpendiculaire à la fois à l'axe OZ_1 et l'axe des nœuds, et qui donc se trouve à chaque instant dans les plans Z_1OZ et X_1OY_1, et enfin L est le moment par rapport à l'axe OZ_1. La dérivée de ψ par t sera remplacée par son expression (1).

La méthode consisterait alors à trouver d'abord S, P, Q en fonction des angles d'Euler au moyen de ces dernières relations (2), et tenant compte de l'expression de dt, tirée des équations (1), et ensuite de trouver les angles d'Euler en fonction du temps au moyen des équations (1).

Je dois remarquer en outre que la représentation du mouvement au moyen des équations (1) est plus immédiate, les axes choisis comme repères étant fixes.

Application. — Je me borne ici à donner une seule application : Type I : *A un corps solide quelconque est appliqué un couple, dont l'axe reste toujours vertical et dont la grandeur est donnée en fonction du temps seul.* Condition essentielle : *le corps part d'une position de repos ou d'un mouvement tel, que le vecteur des moments des quantités de mouvement coïncide à l'instant initial avec la direction de l'axe du couple.*

On a alors

$$T = 0; \qquad U = 0; \qquad s = \int L\,dt = f(t).$$

Il s'ensuit $P = 0$ et $Q = 0$ et les équations (1) se trouvent bien simplifiées.

En divisant la première équation (1) par la troisième, S et dt s'élimineront, et l'on aura une équation entre φ et θ. Séparant les variables et intégrant, on obtient entre φ et θ la relation

$$\cos^2\varphi = \frac{(A-C)B}{(A-B)C} - \frac{AB}{A-B}\,\frac{K}{\sin^2\theta} \qquad (K = \text{const.}).$$

En exprimant $\sin\varphi\cos\varphi$ en fonction de θ et substituant dans la troisième équation (1), séparant les variables et intégrant, on aura

$$-\frac{1}{2}\int \frac{d\sin^2\theta}{\sqrt{1-\sin^2\theta}\sqrt{-K^2+\left[\dfrac{2AB-C(A+B)}{ABC}K\right]\sin^2\theta - \dfrac{(A-C)(B-C)}{ABC^2}\sin^4\theta}}$$
$$= \int S\,dt + K.$$

Le cas de Poinsot (mouvement sans forces) en est un cas particulier ($s = \text{const.}$).

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Cause de la formation de la coupelle à la cassure de certaines éprouvettes d'acier rompues à la traction.* Note de M. **Charles Fremont**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans la cassure des éprouvettes de certains aciers, rompues à la traction, on constate parfois, au bord de cette cassure, une petite collerette formant coupelle.

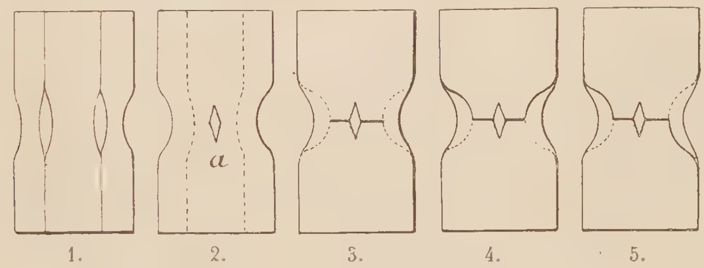
La cause de l'existence de cette coupelle a été attribuée, par divers auteurs, à une déformation du métal par zones obliques sur la direction de l'effort et faisant, avec cette direction, un angle constant.

Or la coupelle n'existe que sur les éprouvettes rompues après avoir présenté une *striction;* elle ne se voit jamais sur les métaux rompus sans striction, et, à une grande réduction de section par striction correspond

une grande collerette, et une petite collerette correspond à une petite réduction de section à la striction.

La cause de la formation de la coupelle est donc due à la genèse de la striction et, pour le montrer, il suffit de faire l'expérience à l'aide d'une éprouvette tubée, c'est-à-dire constituée par une première éprouvette cylindrique pleine recouverte par une seconde éprouvette tubulaire du même métal.

Cette éprouvette double étant soumise à l'essai de traction, on a, dans la zone de striction, la déformation locale suivante : pour le tube une striction propre qui s'écarte de la striction de l'éprouvette pleine comme le montre la figure schématique 1. Si maintenant nous prenons un cylindre plein et un tube non plus en contact, mais adhérents par une soudure, la déformation produite à la striction sera différente de la précédente. Le cylindre plein, en s'étranglant à la striction, entraînera radialement le métal de la striction du tube puisque cette fois ces deux parties sont solidaires par adhérence et *le rayon de la zone strictionnée du tube se réduira par rétreinte du métal,* schéma figure 2.



Figures schématiques montrant la genèse de la coupelle.

Cette zone périphérique de la striction de la nouvelle éprouvette est donc à la fois *comprimée et étirée,* ce qui lui permet de s'allonger plus que dans la zone centrale seulement étirée.

Il y a une confirmation de cette distribution de l'effort dans la striction de l'éprouvette par la naissance du petit trou *a* (*fig.* 2) qui se produit au centre de l'éprouvette pleine par suite de la traction radiale de la zone du tube en réaction de la traction qui en opère la rétreinte.

Quand la zone centrale de l'éprouvette atteint la limite de sa ductilité, elle se rompt (*fig.* 3) alors que la zone de métal rétreint à la périphérie de la structure est encore capable de fournir un allongement sensible et c'est ce qui explique que la rupture centrale se continue en longeant la surface intérieure de cette zone en métal rétreint et en formant la coupelle (*fig.* 4).

Mais comme cette zone de métal rétreint présente une section en forme de croissant, la rupture s'effectue parfois de part et d'autre, ainsi que le montre le schéma figure 5.

Un Mémoire détaillé sur cette question paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Sur la détection par lampe.* Note [1] de M. **P. David**, présentée par M. G. Ferrié.

Quand on cherche à dépasser l'explication élémentaire et qualitative de la détection par lampe pour analyser les phénomènes et vérifier expérimentalement la théorie, on trouve seulement des travaux incomplets et parfois contradictoires. Nous nous sommes proposé de reprendre la question dans son ensemble.

La détection consiste essentiellement à utiliser la courbure d'une caractéristique. Si, entre deux électrodes d'une lampe, on applique une certaine tension u, le courant i passant, soit entre ces électrodes, soit entre deux autres électrodes du même tube, peut être fonction de la tension u :

$$i = f(u), \tag{1}$$

relation caractéristique que nous appellerons *statique*.

Les parties utiles à la détection sont celles où cette relation n'est pas linéaire, c'est-à-dire que si la tension u comprend une tension moyenne $\overline{u}$ et une tension alternative $U \sin \Omega t$, la valeur moyenne du courant i, exprimée par

$$\overline{i} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\overline{u} + U \sin \Omega t)\, d\Omega t,$$

n'est pas égale à $f(u)$, mais bien une certaine fonction de U :

$$\overline{i} = \varphi(\overline{u}, U), \tag{2}$$

relation que nous appellerons caractéristique *dynamique* et que l'on peut représenter par un réseau de courbes, en fonction des deux variables $\overline{u}$ et U.

Dès que l'on connaît cette relation, la détection est théoriquement définie. Il suffit en effet de tenir compte, dans chaque cas particulier, de l'impédance du circuit traversé par le courant i (par exemple le condensa-

(1) Séance du 20 avril 1927.

teur shunté, s'il s'agit du circuit de grille). Les relations auxquelles on arrive sont généralement trop complexes pour pouvoir être résolues algébriquement; mais, dans la presque totalité des cas, une simplification est légitime : c'est que la tension U alternative consiste en de petites variations ΔU à partir d'une tension alternative fixe U_1, relativement grande (amplitude de l'onde porteuse dans la réception téléphonique, amplitude de l'oscillation locale dans la réception hétérodyne ou superhétérodyne). Dans ces conditions, la détection ne dépend que des deux dérivées partielles $\frac{\partial \varphi}{\partial u}$, $\frac{\partial \varphi}{\partial U}$ de l'expression (2), et elle peut être mise dans tous les cas sous forme algébrique simple.

L'étude de la détection est donc ainsi ramenée à la détermination des caractéristiques dynamiques (2). On peut les relever expérimentalement; on peut les déduire graphiquement de la caractéristique statistique (1). Mais le plus intéressant est de les calculer, en attribuant à la caractéristique (1) une expression analytique précise. Très souvent, on assimile cette caractéristique à une parabole; parfois aussi, à une exponentielle; ou bien on la divise en deux fragments, l'un rectiligne, l'autre parabolique ou également rectiligne. Nous avons constaté que ces diverses hypothèses, prises isolément, sont également incapables de donner satisfaction. Pour expliquer correctement les phénomènes observés, il faut les employer l'une après l'autre, suivant l'amplitude initiale U_1 de la tension appliquée.

Le résultat de notre étude est alors le suivant :

Pour tous les systèmes, le rendement de la détection commence par s'améliorer lorsque l'amptitude initiale U_1 de l'onde porteuse ou de l'oscillation locale augmente. Puis ce rendement devient indépendant de U_1 : la courbe de détection présente une partie rectiligne, dans laquelle le courant détecté est rigoureusement proportionnel à l'amplitude des petites variations ΔU. Cette partie doit être utilisée systématiquemeut, pour avoir le maximum de sensibilité et le minimum de distorsion. Nous donnons ci-après (p. 1002) très approximativement et pour la moyenne des lampes françaises essayées ses caractéristiques, avec les différents montages de détection employés.

Enfin nous avons montré que la détection dans le superhétérodyne normal n'est pas, comme on le croit et malgré la présence du condensateur shunté, une détection par la grille, mais en réalité une détection par la courbure de la caractéristique de plaque.

Type du montage.	Propriété utilisée.	Valeur de l'amplitude initiale U_1 optimum.	Sensibilité pour de petites variations à partir de U_1 (courant détecté par volt alternatif appliqué).	Fidélité (influence de la fréquence de modulation ou de battement).
Lampe triode :				
Condensateur shunté sur grille.	Courbure de la caractéristique de grille.	0,2 à 0,5 volt eff.	0,35 à 0,4 milliampère.	La fidélité est acceptable dans la gamme audible, moyennant précautions; mais le rendement baisse énormément aux fréquences superaudibles.
Polarisation négative de la grille.	Courbure de la caractéristique de plaque.	Quelques volts eff.	0,13 à 0,16 milliampère.	
Alimentation de la plaque en alternatif.	Convergence des caractéristiques de plaque pour la tension plaque nulle	20 à 40 volts eff. (sur la plaque).	Environ 0,035 milliampère.	Le rendement est indépendant de la fréquence de battement.
Lampe bigrille :				
Alimentation de la grille *intérieure* en alternatif.	Convergence des caractéristiques de plaque pour la tension de grille intérieure nulle.	10 à 20 volts eff. (sur la grille intér.).	Variable, de l'ordre de 0,13 à 0,35 milliampère	(idem)

SPECTROSCOPIE. — *Décharge sans électrodes en ondes amorties et en ondes entretenues. Spectres continus du césium et du potassium.* Note de M. **Georges Balasse**, transmise par M. A. Cotton.

I. La décharge sans électrodes en ondes amorties, produites à partir d'un éclateur alimenté par une source à grande différence de potentiel alternative, donne, on le sait, des spectres riches surtout en raies d'étincelle. Un tel mode de décharge est cependant susceptible de donner un spectre ne comportant que des raies d'arc seulement. De mes recherches faites sur la vapeur de césium, il résulte que :

1° A une température de 150° environ, le spectre comporte les raies d'étincelle (les raies d'arc ne sont que faiblement représentées);

2° La température s'élevant, le spectre d'étincelle fait place progressivement au spectre d'arc [1]; en même temps, à partir de 200°, un spectre continu, localisé dans la région du tube la plus faiblement excitée, apparaît. Il gagne d'abord en intensité au fur et à mesure que le spectre d'arc s'intensifie (G. Balasse et O. Goche). Il s'étend dans tout le spectre visible et au delà de la limite de la série principale du spectre d'arc. Les conditions physiques au cours desquelles ce spectre continu se présente m'ont fait supposer qu'il était produit par la recombinaison de l'atome de césium une fois ionisé, avec un électron extérieur d'énergie cinétique variable. Il naîtrait, par exemple, au moment où la pression de vapeur de césium serait telle qu'il ne serait plus possible à l'électron optique d'atteindre les trajectoires à grands nombres de quanta. Le calcul expliquerait l'émission de ce spectre continu si l'on admettait l'existence possible de la chute d'un électron extérieur, possédant une certaine énergie cinétique de départ, sur les trajectoires de l'électron à partir desquelles s'effectue l'émission du spectre d'arc. Une hypothèse similaire a d'ailleurs été admise par Bohr [2] pour expliquer la présence de bandes continues d'absorption s'étendant de la limite de la série principale des métaux alcalins vers les longueurs d'ondes courtes.

Pour le césium, la suite des spectrogrammes obtenus à température croissante et pour des tensions variant jusqu'à 40000 volts montrent :

1° Que le spectre continu acquiert son maximum d'intensité pour des conditions d'excitation telles que les spectres d'arc et d'étincelle existent simultanément avec une intensité comparable;

2° Que le spectre continu n'apparaît pas si le spectre d'étincelle existe seul (les raies d'arc n'étant que très peu intenses) : la quasi-totalité des atomes sont et demeurent ionisés, le nombre de recombinaisons d'électrons extérieurs à des atomes ionisés est très restreint;

3° Que le spectre continu n'apparaît pas si les raies d'étincelle ont disparu pour faire place aux raies d'arc : il n'existe plus d'atomes ionisés, donc plus de recombinaisons entre atomes et électrons.

---

(1) L. Dunoyer, *Recherches sur la luminescence des gaz dans la décharge sans électrodes. Spectres d'induction du césium et du rubidium* (*Journal de Physique*, 3, août 1922, p. 261).

(2) Cf. A. Sommerfeld, *La constitution de l'atome et les raies spectrales*, 1923, p. 536.

J'ai observé sur les spectrogrammes présentant le spectre continu, la série $1s - md$, non compatible avec le principe de sélection.

Des spectrogrammes obtenus, dans les mêmes conditions, avec la vapeur de potassium présentent aussi un spectre continu analogue.

Une étude du spectre du cadmium produit à partir du même mode de décharge, faite par M. F. Esclangon [1], mentionne l'apparition de spectres continus du cadminm qui semblent être de même nature que celui que j'ai observé pour le césium. Ils semblent être autant de spectres continus intermédiaires entre les états notés dans l'étude de M. Esclangon :

Cd I et Cd II, Cd III, Cd IV,
Cd I, Cd II et Cd III, Cd IV,
Cd I, Cd II, Cd III et Cd IV.

J'ai séparé deux spectres d'étincelle du Cs, à l'aide des mêmes critères que ceux qui ont permis à MM. L. et E. Bloch de fractionner le spectre d'étincelle du mercure par la considération des raies longues ou courtes [2]. Étant donnée la configuration que la théorie de Bohr prévoit pour l'atome de césium, il semble difficile d'admettre comme MM. L. et E. Bloch en ce qui concerne le mercure, que les deux spectres d'étincelle du Cs que j'ai obtenus correspondent à des atomes ionisés par le départ d'un, puis de deux électrons : il s'agit de deux spectres, d'excitation différente, mais correspondant à un même degré d'ionisation. D'après les résultats que j'indique, et ceux de M. Esclangon, je pense que la séparation des raies par leur longueur ne peut être le critérium certain d'un passage d'un état ionisé p fois à un état ionisé $p+1$ fois, mais que l'existence d'un spectre continu entre deux séries différenciées est un critérium certain d'un tel passage.

J'ai tenté de produire la décharge sans électrodes en ondes entretenues (R. Mœns) pour différents corps : Hg, HCL, I, Cs, K et j'ai obtenu pour chacun d'eux des décharges lumineuses stables. Des spectrogrammes obtenus pour Hg, Cs, K comportent uniquement les raies d'arc, parfois extrêmement intenses, de ces corps.

Jamais pour Cs et K, le spectre continu n'est apparu. Ce fait est bien

---

(1) Félix Esclangon, *Séparation des spectres de divers ordres du cadmium* (*Journal de Physique*, 7, 1926, p. 52).

(2) L. et E. Bloch, *Spectres d'étincelle d'ordre supérieur du mercure* (*Journal de Physique*, 4, octobre 1923, p. 333).

conforme aux hypothèses faites quant à l'origine de ce spectre continu. J'ai étudié, pour le Cs, l'influence de la fréquence du champ électromagnétique sur la composition de la luminescence : pour les longueurs d'ondes comprises entre 155^m et 880^m, les spectres de la décharge n'ont pas varié.

Les ondes entretenues ont été produites par des montages ordinairement employés. J'ai utilisé 2 lampes d'émission de 75 watts groupées en parallèle. La tension de plaque était de 1500 volts. L'intensité efficace dans le circuit oscillant était de 10 ampères.

PHYSIQUE. — *Dispositif pour la microphotographie et la microcinématographie biologiques.* Note [1] de Mme **L. François-Franck**, présentée par M. d'Arsonval.

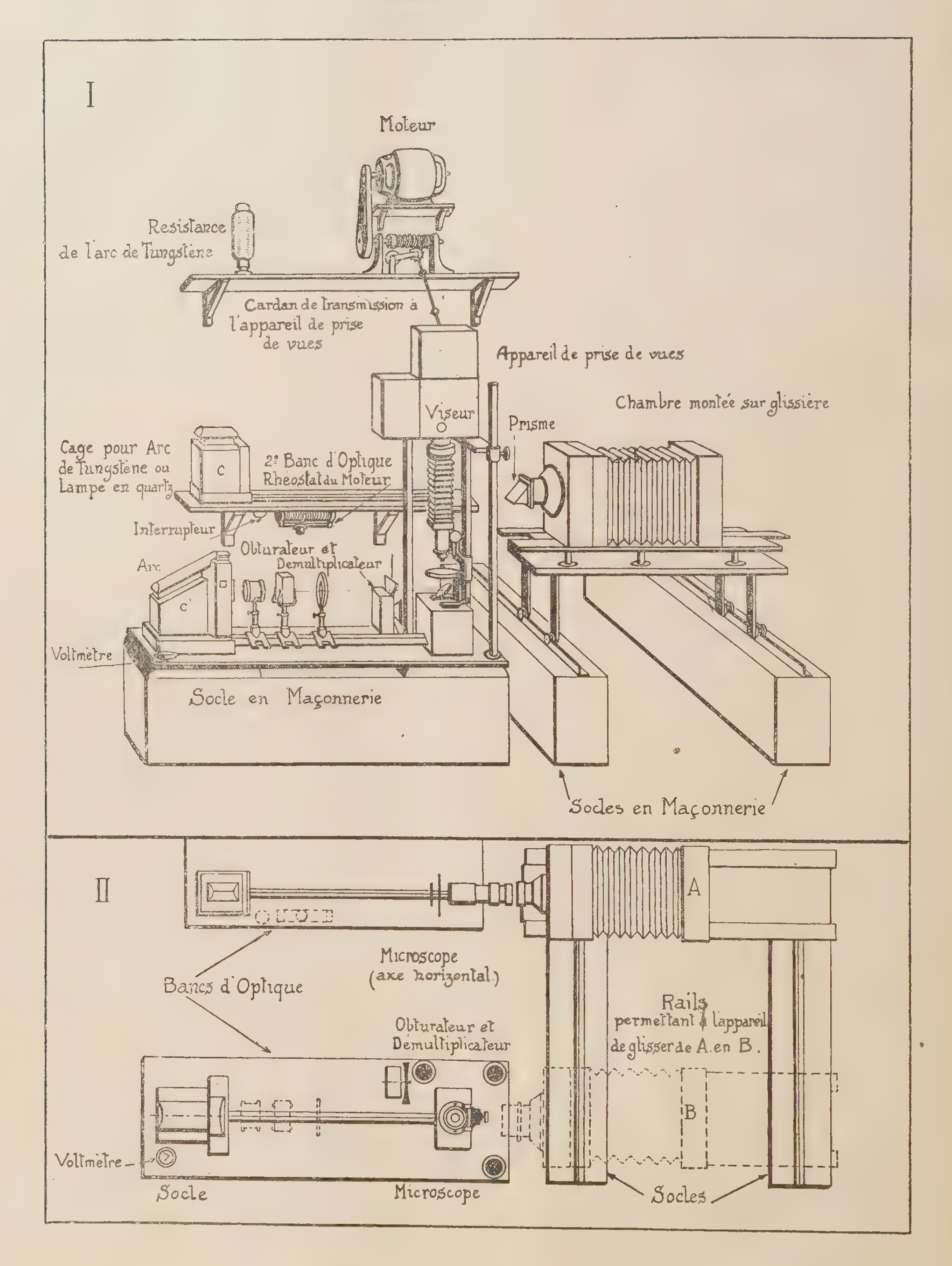
Les appareils que nous décrivons présentent des particularités techniques originales que nous avons publiées en leur temps [2] et, qui, depuis, ont été perfectionnées. Nous nous bornons à montrer l'ensemble du dispositif combiné pour la microphotographie et la microcinématographie biologiques. Les ressources analytiques de la lumière par transparence, de l'éclairage latéral, de la polarisation, de la fluorescence et de l'ultraviolet, dont on sait la variété et la sensibilité, y sont associées, d'une façon concrète et automatique, à tous les procédés de fixation de l'image par la photographie.

Le cinématographe, fixé sur une tablette coulissant sur des colonnes d'acier, est relié au moteur d'entraînement par un flexible qui l'accompagne dans ses différentes positions. Il recueille de 16 à 150 images par seconde. Un autre moteur, conjugué avec un démultiplicateur de vitesse, actionne un disque à plots qui commande l'encliquetage en prises de vue accélérées. Les cages C et C', interchangeables, abritent les sources de lumière : arcs électriques à régulateur automatique avec voltmètre, lampes à arcs de tungstène, lampes de quartz ou porte-électrodes. La protection de la préparation contre l'action des radiations lumineuses ou calorifiques, est assurée par un obturateur du faisceau actinique, synchrone avec l'obturateur propre du cinémato-

---

(1) Séance du 28 mars 1927.

(2) L. Chevroton, *Dispositif pour les instantanés et la chronophotographie microscopiques* (*C. R. Soc. Biologie*, 66, 27 février 1909, p. 341). — L. Chevroton et F. Vlès, *La Cinématique de la segmentation de l'œuf et la chronophotographie du développement de l'Oursin* (*Comptes rendus*, 149, 1909, p. 806). — L. Chevroton et Vlès, *La Cinématographie du développement embryonnaire de l'Oursin* (*Arch. zool. exp.*, 5e série, 8, VI, 12 novembre 1911, p. 449).


I
Moteur
Resistance
de l'arc de Tungstène
Cardan de transmission à
l'appareil de prise
de vues
Appareil de prise de vues
Chambre montée sur glissière
Viseur
Prisme
Cage pour Arc
de Tungstène ou
Lampe en quartz
C
2e Banc d'Optique
Rheostat du Moteur
Interrupteur
Obturateur et
Demultiplicateur
Arc
C'
Voltmètre
Socle en Maçonnerie
Socles en Maçonnerie
II
A
Microscope
(axe horizontal)
Bancs d'Optique
Rails
permettant à l'appareil
de glisser de A en B.
Obturateur et
Demultiplicateur
B
Voltmètre
Socle
Microscope
Socles

graphe. Un viseur permet l'observation permanente de l'objet et toutes les corrections relatives à sa mise au point et à son maintien dans le champ, ainsi que le contrôle de la marche de l'expérience (*fig.* I).

La chambre de microphotographie, mobile sur un système de rails et de glissières, est employée, soit au niveau du premier banc d'optique, avec adjonction d'un prisme à réflexion totale, dans tous les cas où la position verticale du microscope est requise, soit (*fig.* II) au niveau du second banc d'optique, sans prisme, dans le prolongement d'un microscope à axe horizontal. Le socle du microscope est une platine chauffante électrique qui, recouverte d'une boîte fenêtrée, réalise l'étuve à microscope, complément indispensable en cinématographie biologique.

La substitution des épreuves photographiques à l'observation directe des phénomènes passagers, dont les éléments vivants sont le siège, permet de suivre la continuité des processus d'évolution, de multiplier les moyens de comparaison et de contrôle, de rétablir pour les images recueillies l'ordre de grandeur familier aux examens oculaires et enfin d'étendre les méthodes d'investigations par l'emploi des radiations sélectionnées, visibles ou invisibles. L'appareil combiné que nous avons réalisé associe tous ces moyens de recherches pour les mettre commodément à la disposition des biologistes et répond ainsi aux besoins techniques du laboratoire moderne.

PHOTOCHIMIE. — *Action photochimique de l'arc à vapeurs de mercure sur un liquide formolé recouvert d'huile d'olives.* Note de M. **Émile Rousseau**, présentée par M. Guignard.

La suite de nos recherches sur l'action photolytique de l'arc à vapeurs de mercure sur l'acide cyanhydrique nous a secondairement conduit à étudier l'effet que pourrait engendrer cet arc sur un liquide formolé, recouvert d'huile d'olives qui remplit le rôle d'écran absorbant les rayons ultraviolets, mais qui laisse filtrer la radiation photochimique inconnue, à laquelle nous avons fait allusion dans une Note précédente ([1]).

Liquide d'expérience.

Formol commercial 40 pour 100 de date récente de fabrication.	1^{cm^3} (0,40 — H.COH)
Phosphate monocalcique cristallisé......................	10^g
Solution à P. E. de nitrate d'ammoniaque pur............	$0^{cm^3},8$ ($0^g,40$)
Eau distillée, Q. S. pour..............................	100^{cm^3}

([1]) E. Rousseau, *Sur une action spéciale des radiations de l'arc au mercure* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 686).

Pour préparer ce liquide, on dissout d'abord, par dialyse, dans 80^{cm^3} d'eau, le sel calcique placé dans un nouet de gaze qu'on lave après la dissolution du sel, avec 10^{cm^3} d'eau distillée réunis au soluté, puis, avec une pipette de Levaditi ($\frac{1}{10}$ de centimètre cube), on ajoute le formol, la solution de nitrate; on complète, enfin, avec une quantité suffisante d'eau pour obtenir 100^{cm^3}. Nous avons réparti une quantité suffisante de ce liquide, filtré sur papier sans cendres, à la dose de 20^{cm^3}, dans 6 tubes de quartz (diamètre intérieur, 15^{mm}; épaisseur, 2^{mm}) et 6 capsules de porcelaine (diamètre intérieur, 64^{mm}) préalablement lavés avec SO^4H^2 chaud, de l'eau distillée, enfin séchés. Dans les capsules, le liquide formolé occupait une hauteur de 6^{mm} et la nappe d'huile d'olives filtrée, qui le recouvrait, avait une épaisseur de 3^{mm}.

Tubes de quartz, bouchés avec du caoutchouc pur, et capsules, placées à 700^{mm} d'un arc ultraviolet fourni par une lampe (quartz transparent) fonctionnant, en plein régime, sous 11 ampères et 110 volts aux bornes, reçurent simultanément l'irradiation ultraviolette pendant 6 heures. Toutes les heures, nous prélevâmes un tube et une capsule dont les liquides, après refroidissement à $+10^{\circ}$, furent aussitôt dosés, par la méthode précise de Grimbert [1] qui permet de titrer le cuivre restant dans 40^{cm^3} de liqueur de Fehling (mélange A + B) réduite, et d'en déduire le cuivre passé à l'état d'oxydule rouge.

C'est qu'en effet l'irradiation d'une solution aqueuse de formol, d'après les travaux de Moore et Webster, de D. Berthelot, et enfin de E.-C.-C. Baly, engendre dans ce liquide des sucres réducteurs. Pour les doser dans nos liquides, des fioles de Vivien (200^{cm^3}) reçurent : 40^{cm^3} de liqueur de Fehling, 15^{cm^3} d'eau distillée, enfin 5^{cm^3} de chaque liqueur irradiée. Après une ébullition simultanée des liquides des deux fioles, correspondant à chaque titrage horaire, maintenue exactement pendant 3 minutes, ébullition faite sur un carton d'amiante, les liquides ont été refroidis à $+10^{\circ}$, complétés à 200^{cm^3} et filtrés (filtration lente en raison du précipité de sulfate et de phosphate tricalcique formés). De ces liquides 50^{cm^3} furent prélevés et dosés avec une solution $\frac{N}{10}$ d'iode versée avec une burette graduée au $\frac{1}{20}$ de centimètre cube.

Température des liquides après leur irradiation. — Celle-ci a été comprise entre $+17^{\circ}$ (irradiation de 1 heure) et $+23^{\circ},5$ (irradiation faite pendant 6 heures).

---

(1) L. Grimbert et J. Guiart, *Diagnostic chimique, microscopique et parasitologique*, 4e édition, p. 869 (Lamarre, éditeur, Paris, 1922).

DOSAGES. — *Titrage de la liqueur de Fehling :*

$$10 - 3 + \frac{1}{20} = 7 \times 0,0253 = 0,17780$$

représentant le cuivre que renferment 20^{cm^3} de liqueur cuprique A.

Titrage d'une solution formolée à 1 *pour* 100 *additionnée de* $0^{cm^3},8$ *de solution de nitrate d'ammoniaque* (*prise d'essai* 5^{cm^3}) :

$$10 - 4 + \frac{19}{20} = 5 \times 0,0254 = 0,12700 \text{ (cuivre restant)};$$

$$\text{cuivre réduit : } 0,17780 - 0,12700 = 0,05080.$$

Titrage du liquide d'expérience (*témoin*) (*Prise d'essai* 5^{cm^3}) :

$$10 - 5 + \frac{6}{20} = 4,7 \times 0,0254 = 0,11938 \text{ (cuivre restant)};$$

$$\text{cuivre réduit : } 0,017780 - 0,11938 = 0,05842.$$

Cuivre réduit dans les liqueurs irradiées (Prise d'essai : 5^{cm^3}).

Les pourcentages sont exprimés en glycose (Tableaux de G. Bertrand).

Temps.	Témoin.	Quartz.	Pourcentages.	Huile.	Pourcentages.
1h......	0,05842	0,06604	0,34	0,06604	0,34
2......	0,05842	0,06858	0,35	0,07112	0,37
3......	0,05842	0,06604	0,34	0,06604	0,34
4......	0,05842	0,06858	0,35	0,07112	0,37
5......	0,05842	0,06096	0,31	0,06350	0,32
6......	0,05842	0,06604	0,34	0,06350	0,31

Si, avec l'aide des pourcentages précédents et des temps qui leur correspondent, on établit les courbes pour chaque essai (tube de quartz et huile) on constate tout d'abord qu'elles sont sinusoïdales, très sensiblement parallèles à partir de la première heure, et la courbe supérieure correspond à l'irradiation faite au travers de l'huile.

Ces courbes présentent, à des espaces horaires réguliers, des maxima (2 heures et 4 heures) puis des minima (3 heures et 5 heures). Les maxima sont l'expression graphique des effets photocatalytiques engendrés par l'ensemble des radiations (quartz) ou par la radiation photochimique inconnue (huile), alors qu'aux minima correspondent, au contraire, des effets photolytiques, par suite de la continuité de l'action radiante. Ces effets sont vraisemblablement dus à des phénomènes de réversibilité analogues à ceux qui ont été signalés par D. Berthelot avec H^2O^2 ou J. Pougnet avec $HgCl^2$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique.* Note [1] de M. **Edmond Vellinger**, présentée par M. J. Perrin.

Nous avons montré récemment [2] que le pouvoir rotatoire des solutions d'acide tartrique de plus en plus diluées doit avoir pour limite supérieure celui du tartrate, ou plus exactement de l'anion tartrique. Dans une Note récente L. Longchambon [3] critique nos résultats et nos conclusions. Nous allons préciser plusieurs de nos observations, dont le sens exact semble avoir échappé à L. Longchambon.

1° Nous rappelons pour mémoire que le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique subit en fonction du pH une variation caractéristique à pente rapide entre $pH = 2$ et $pH = 5$, calculable à partir des formules classiques de dissociation. Ce même calcul rend parfaitement compte des variations du pouvoir rotatoire en fonction de la concentration, lorsque celle-ci est inférieure à 2 molécules-grammes par litre [4].

2° Nous avons indiqué, dans la Note visée par L. Longchambon, que l'application du schéma de Darmois aux solutions d'acide tartrique à différents pH donnait un faisceau de droites avec un point de convergence unique nettement défini; si l'on place sur ce schéma les droites représentant des solutions à diverses concentrations, on remarque que le point de convergence reste le même. En outre, les droites correspondant aux solutions de plus en plus diluées s'élèvent progressivement en pivotant autour du point de convergence et tendent ainsi, sans pouvoir l'atteindre, vers la droite correspondant au tartrate (voir figure). Si l'on construit un schéma à très grande échelle, dans lequel les droites ne se placent évidemment plus qu'avec des écarts irréguliers autour d'un point moyen de convergence, il est facile de déterminer la précision avec laquelle les diverses droites convergent vers ce point : une translation parallèle résultant d'une variation

(1) Séance du 20 avril 1927.

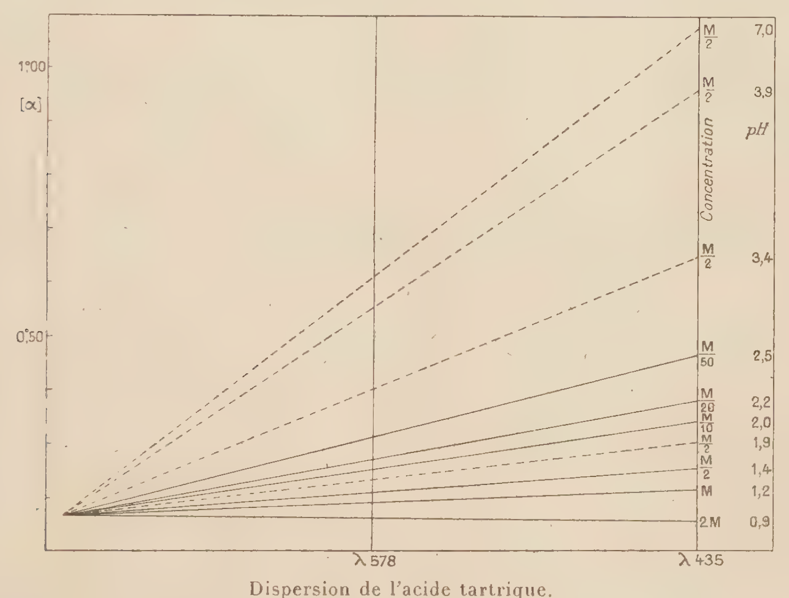
(2) E. Vellinger, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 741.

(3) L. Longchambon, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 958.

(4) F. Vlès et E. Vellinger, *Bull. Soc. chim.*, 37, 1925, p. 841; *Arch. Phys. biol.*, 5, 1926, p. 36.

Nous avons pu, depuis la publication mentionnée plus haut, étendre la vérification des calculs jusqu'à la concentration de 0,005 molécules-grammes par litre. Pour les fortes concentrations il apparaît entre le calcul et l'expérience un écart systématique que nous discuterons ailleurs.

de 0,5 à 1 pour 100 des valeurs expérimentales ramènerait les droites les plus aberrantes sur le point moyen de convergence. Or la précision des mesures est limitée par l'appareillage polarimétrique; en effet, les autres manipulations, pesées, etc., se font avec une précision beaucoup plus grande que la mesure de la rotation. L'appareil Jobin et Yvon utilisé dans ces recherches donne 0°,02. D'autre part, l'écart moyen dans une série de 10 mesures est de 0,017 pour λ435 et de 0,011 pour λ578. Il s'ensuit donc



Dispersion de l'acide tartrique.

——— Droites correspondant aux solutions à concentration constante et à pH variables.

- - - - - Droites correspondant aux solutions de plus en plus diluées.

que le point de convergence graphique est défini avec toute la précision que permettent d'atteindre les conditions expérimentales. S'il en était comme le veut L. Longchambon, les points de rencontre des droites correspondant aux solutions à pH bas avec celles des solutions à pH plus élevés, devraient, en raison des quantités croissantes de tartrate que contiennent les solutions, se sérier dans une courbe et se déplacer dans une direction privilégiée.

Il ressort de l'examen des faits vus précédemment que des expériences comme celle de L. Longchambon, qui consistent à chercher le pouvoir rotatoire limité des solutions d'acide tartrique de plus en plus diluées, même en utilisant des tubes d'une longueur inusitée, risquent d'être insuffisantes vis-à-vis du phénomène à atteindre. En effet, pour obtenir cette limite, il faudrait pouvoir préparer des solutions à une concentration telle que leur

réaction fût voisine de la neutralité (pH = 5 à 6); un calcul simple montre, pour un tel pH, que la concentration de l'acide est déjà tellement faible que la mesure du pouvoir rotatoire devient impossible, même avec des tubes de 10^m (pour pH = 5 cette concentration est déjà de l'ordre de 1^{mg} par litre). L. Longchambon prétend que dans ses expériences, contrairement à mes observations, les droits du schéma correspondant aux solutions non aqueuses ne passent pas par le point de convergence défini pour les solutions aqueuses. L'écart n'est sans doute pas considérable, reconnaît-il, mais reste toujours supérieur aux erreurs expérimentales. Dans l'impossibilité où je suis actuellement de faire d'autres expériences, je ne puis que maintenir mes premières affirmations.

LITHOLOGIE. — *Les enclaves enallogènes et les laves endomorphisées de Fouqué-Kaméni.* Note de M. **Const. A. Kténas.**

La composition minéralogique et chimique des laves de la dernière éruption du volcan des Kaménis (Santorin) a été précisée par les travaux de MM. A. Lacroix, Washington et de l'auteur (1). L'étude de leurs enclaves plésiomorphes et allomorphes m'a conduit, d'autre part, à reconnaître que la composition chimique de celles-ci n'est pas constante; elle varie dans des limites très espacées, qui correspondent d'une part à des dacitoïdes labradoriques et d'une autre à des labradorites bytownitiques (2). Je me propose, dans cette Note, de montrer que la lave de 1925-1926 enveloppe, également, des enclaves enallogènes et qu'elle a subi des transformations endomorphiques, en partie analogues à celles décrites par M. A. Lacroix dans les laves de 1866 (3).

a. Les enclaves enallogènes résultent de la transformation de calcaires argileux qui ont été arrachés à des gisements en place. Elles constituent des masses d'une couleur grise ou gris verdâtre et jaunâtre, tachetées de noir,

---

(1) A. Lacroix et Const. A. Kténas, *Les laves actuelles de Fouqué-Kaméni* (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 893). — H. S. Washington, *Santorini Eruption of* 1925 (*Bull. Geol. Soc. of America*, 37, 1926, p. 376).

(2) Const. A. Kténas, *Sur la nature chimico-minéralogique des enclaves de Fouqué-Kaméni* (*Santorini*) (*Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 980).

(3) A. Lacroix, *Sur les transformation endomorphiques de l'andésite de Santorin sous l'influence d'enclaves enallogènes calcaires* (*Comptes rendus*, **130**, 1900, p. 272).

dont le métamorphisme en *cornéennes calcaires* s'est effectué au sein de la matière ignée.

A la constitution minéralogique des enclaves enallogènes prennent part les minéraux suivants : wollastonite, mélilite (humboldtilite), fassaïte, mélanite, magnétite, calcite; dans bien des cas, les deux premiers silicates constituent à eux seuls toute la roche. La structure est granoblastique, parfois rubanée. Ce n'est que rarement que les cristaux automorphes de wollastonite sont enchevêtrés au milieu d'un verre qui remplit des vacuoles.

La magnétite, qui fait ordinairement défaut, peut devenir très abondante dans les roches que je désigne sous le nom de *cornéennes magnétitifères*. Tantôt ce minéral est concentré dans les cristaux de mélilite, et tantôt il imprègne certains lits de l'enclave. Je retrouve dans l'enrichissement en magnétite de quelques enclaves enallogènes de Santorin des traits analogues à celui que j'ai constaté dans les cornéennes calcaires des contacts du massif granitique de l'île de Sériphos (¹).

b. Les parties du magma volcanique endomorphisées par absorption des mêmes calcaires ont fourni des roches renfermant les minéraux ordinaires du magma, mais *associés à la wollastonite*. La proportion de matière amorphe y est très variable. Quant aux feldspaths, ils sont très basiques; ils constituent parfois un groupement granoblastique traversé par des prismes d'augite d'un vert foncé. La partie périphérique des zones endomorphisées est souvent très compacte, tandis que l'intérieur est géodique, tapissé par des cristaux d'anorthite et d'augite, plus rarement de wollastonite et de sphène.

c. Les enclaves du type γ (labradorite bytownitique) dont la teneur en anorthite virtuelle (²) atteint 68 pour 100, ne résultent pas d'une transformation endomorphique; elles constituent des *ségrégations basiques*, au même titre que les enclaves allomorphes et les autres membres de la série labradoritique, englobés dans la lave du Fouqué-Kaméni. Je suis amené à soutenir ce point de vue, parce que j'ai constaté les faits suivants : 1° Il y a passage

(¹) CONST. A. KTÉNAS, *Les phénomènes métamorphiques à l'île de Sériphos* (*Archipel*) (*Comptes rendus*, 158, 1914, p. 720, et *Annuaire de l'Université d'Athènes*, 13, 1917, p. 91).

(²) Je dois faire une certification au sujet des teneurs en anorthite virtuelle données dans ma Note antérieure (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 980). Les valeurs concernant les types α et β sont respectivement : 42 et 60 pour 100.

entre ces différents types de roches, et 2° Les minéraux caractéristiques des enclaves homœogènes, soit les plagioclases basiques (bytownite à anorthite) et l'olivine, se trouvent parfois parmi les phénocristaux du magma principal lui-même.

BOTANIQUE. — *Nouvelles observations biologiques sur* Fegatella conica (*L.*) *Corda*. Note de M. **G. Nicolas**, présentée par M. Molliard.

Un certain nombre d'auteurs ont signalé la présence à peu près constante d'un mycélium mycorhizique dans le thalle de *Fegatella;* quelques-uns même ont émis l'hypothèse d'une relation entre ce fait et la sexualité assez fréquente de cette hépatique, comparativement à deux espèces voisines, *Marchantia* et *Lunularia*, et peut-être même la difficulté avec laquelle les spores germent en milieu stérile ([1]).

A ce sujet Cavers, en 1904, indique que, sur la terre de bruyère stérilisée, les spores germent en petit nombre et ne donnent que des thalles mal développés, longs et étroits et, en 1925 et 1926, sur Marchal gélosé stérilisé, je n'ai obtenu aucune germination. Cherchant à expliquer cette particularité, j'ai fait quelques observations qui me semblent intéressantes.

Examinant des spores au moment de l'ouverture du sporogone, j'ai été frappé de leur dimorphisme, qui aurait pu faire songer à de l'hétérosporie; les unes, vertes, pluricellulaires — on sait, en effet, que la germination, dans cette espèce, commence dans l'intérieur de la capsule et que le protonéma typique fait défaut —, relativement volumineuses (75^{μ} à 100^{μ}); les autres, plus petites, brunes, unicellulaires (50^{μ} à 70^{μ}). Un semis naturel de spores sur un thalle, le 11 mars, à la température du laboratoire, m'a permis de faire les observations suivantes : 15 mars, pas de germination; 17 mars, émission de rhizoïdes lisses (1 à 3) par les grosses spores ayant augmenté de volume (150^{μ}); 23 mars, émission d'un filament vert pluricellulaire qui s'allonge; le 12 avril, un certain nombre de spores sont pourvues de 1 à 3 rhizoïdes lisses et d'un filament vert, cylindrique, mesurant 350^{μ}; d'autres ont augmenté seulement un peu de volume, sont devenues pluricellulaires et n'ont encore que des rhizoïdes; d'autres, enfin, brunes, ont conservé leurs dimensions et leur aspect primitifs.

([1]) G. Nicolas, *Observations sur la biologie de quelques Bryophytes* (*Revue générale de Botanique*, 38, 1926, p. 43-57, *et Cultures pures de quelques Hépatiques* (*Ass. Fr, Av. Sciences*, Congrès de Lyon, 1926, p. 235).

L'examen de ces petites spores m'a révélé l'existence, dans leur intérieur, d'un mycélium siphoné, large, pourvu de vésicules, en relation avec celui du thalle.

En effet, à la base de chaque sporogone, dans le tissu du thalle, j'ai retrouvé le même mycélium siphoné, mycorhizique, qui pénètre dans le pied du sporogone et, de là, dans l'intérieur de la capsule, où il infecte un plus ou moins grand nombre de spores et à différents états de leur évolution. Ceci expliquerait les caprices de la germination; les unes peuvent rester indemnes et germent normalement, les autres, infectées peut-être tardivement, ont un développement très retardé, d'autres enfin sont complètement stériles.

A la suite de cette observation, je fis l'examen de cultures de 1926, restées complètement stériles, sans germination; toutes les spores avaient conservé leur aspect primitif (petites, brunes) et contenaient du mycélium. Des semis ont été refaits, en mars 1927, dans les mêmes conditions; beaucoup de spores ne germent pas, mais quelques-unes ont déjà émis un petit filament vert pluricellulaire. J'ajoute que la germination nécessite, en milieux solides, beaucoup d'humidité et la présence d'une certaine quantité d'eau dans le vase de culture.

En résumé, un champignon siphoné contamine très fréquemment le thalle de *Fegatella* où il ne semble pas causer de dégâts; ce même champignon infecte aussi le sporogone, dont il stérilise plus ou moins les spores, contrairement à l'opinion que j'avais émise. Sortant des spores, il pénètre dans les très jeunes thalles par les rhizoïdes lisses et c'est peut-être à sa présence dans l'intérieur des spores qu'il faut attribuer sa si grande fréquence dans les thalles de *Fegatella*.

BOTANIQUE. — *Les algues perforantes, leur distribution et leur rôle dans la nature.* Note (¹) de M. G. **Nadson**, présentée par M. Marin Molliard.

Ed. Bornet et Ch. Flahaut ont décrit dans leur ouvrage *Sur quelques plantes vivant dans le test calcaire des mollusques* (1889) les algues microscopiques qui perforent le test des mollusques. Dans mon travail *Les algues perforantes et leur rôle dans la nature*, paru en 1900 (*Scripta Botanica*, Saint-Pétersbourg, fasc. 18), j'en ai donné une

(¹) Séance du 20 avril 1927.

description plus détaillée et j'ai indiqué, qu'étant excessivement répandues dans la nature, elles y jouent un rôle très important dans la destruction des roches calcaires. Il est connu actuellement environ 10 espèces d'algues perforantes; parmi celles qui ont la plus grande extension dans presque toutes les mers, il faut citer *Hyella cæspitosa* Born. et. Flah., *Mastigocoleus testarum* Lagerh., *Gomontia polyrhiza* Born. et Flah. et *Ostreobium Queketti* Bor. D'après les listes dressées pour différentes localités par divers auteurs, nous voyons que les algues perforantes se rencontrent dans les mers froides du Nord (Groenland) jusqu'à celles de l'extrême Sud (cap Horn), dans toutes les mers de l'Europe, sur les côtes occidentales et orientales de l'Amérique du Nord et en beaucoup d'endroits des tropiques sur les côtes de l'Afrique, de l'Asie et de l'Amérique ; mais généralement il n'en est fait mention qu'incidemment. C'est pourquoi j'ai cherché à réunir toutes les données concernant cette question. J'ai personnellement observé et collectionné les algues perforantes dans l'océan Glacial Arctique (Mourmanie, île de Kildine), dans la mer du Nord (Helgoland), dans la mer Baltique (île de Rügen, baie de Hapsal), dans la mer Noire (Crimée, Batoum), dans la mer Caspienne (Bakou), dans la mer Méditerranée (Naples, Villefranche-sur-Mer). J'ai de plus reçu de nombreux échantillons des régions suivantes : mer Méditerranée (côtes de la Grèce et d'Algérie), océan Pacifique (Kamtchatka et Vladivostok), mer Rouge (Thor, Dejeddah, Port-Soudan, Aden), de l'océan Indien (Ceylon, Java, Singapour), de l'océan Atlantique (îles de Bahama).

Bien que n'ayant pas entièrement terminé l'étude de ces collections, je suis à même d'affirmer que les algues perforantes ne sont pas seulement extrêmement répandues, mais se développent en immenses quantités dans les mers les plus variées. Elles perforent les substances calcaires de toutes sortes, depuis les délicats téguments calcaires des Bryozoaires et les tubes des vers jusqu'aux roches calcaires les plus dures. Souvent on peut observer sur des centaines de kilomètres le long de la côte que les roches calcaires sous-marines sont couvertes de taches vertes ou bleuâtres ou sont même entièrement colorées en ces teintes. Elles les doivent aux algues perforantes végétant dans les couches supérieures de la pierre. Elles ne se rencontrent pas, d'après mes observations, à une profondeur supérieure à 50^m. C'est surtout dans les couches superficielles de la zone inondée par les vagues et la marée, qu'elles exercent, de concert avec les animaux perforants (éponges, mollusques, etc.), leur œuvre destructrice que terminent les flots. Elles s'attaquent aux mollusques de toute espèce, aux coquilles vides ainsi qu'à

celles des animaux vivants. Il est surtout difficile de trouver des coquilles d'huître non infestées; il en va de même pour le test de *Balanes*, recouvrant par milliers les roches du rivage. Les échantillons très variés de coraux que j'ai reçu des bords de la mer Rouge, de Ceylon, de Java, des îles de Balama, m'ont mis à même de juger de toute l'étendue de l'œuvre destructrice des algues perforantes : elles envahissent non seulement les menus débris et le sable corallien, mais aussi les blocs détachés des bancs et des récifs coralliens. La partie inférieure du tronc de corail de grandes dimensions est souvent percée de tout un réseau de canaux de *Ostreobium Reinekei*, ce qui doit amener sa rupture en cet endroit sous le choc des vagues. Il est certain que les algues perforantes contribuent à la formation des atolls en prenant part à la destruction de la partie centrale des bancs de coraux.

Non seulement les animaux, mais les algues calcaires, telles que *Lithothamnion*, subissent l'attaque des algues perforantes. Quant à leur rôle dans les eaux douces, bien qu'elles n'y soient pas si répandues que dans les mers, il ne laisse pas d'être assez important, ainsi que j'ai pu le constater dans certaines rivières du nord-ouest de la Russie (Volchow, Msta). L'action dissolvante des algues perforantes s'exerce non seulement sur le carbonate de chaux (qu'elles transforment en bicarbonate), mais aussi sur le carbonate de magnésium. Il est bien connu que celui-ci accompagne souvent le carbonate de chaux dans le test des mollusques, dans les coraux et surtout dans les dolomies. Il m'est arrivé de voir des galets de dolomite envahis par les algues perforantes. Le magnésium se trouve donc aussi entraîné dans la circulation grâce à l'activité de ces organismes. Enfin il est à noter que ce n'est pas de l'époque actuelle que date la grande extension des algues perforantes dans la nature et l'importance de leur rôle. Elle remonte pour le moins à l'époque silurienne, comme l'attestent les canaux et les galeries trouvés dans le test des mollusques et les os des animaux fossiles. Ces canaux, attribués pendant longtemps à des champignons perforants, sont surtout l'œuvre des algues. On peut, entre autres, fréquemment reconnaître les canaux bien caractérisés de *Ostreobium*. Les algues perforantes ont donc une origine très ancienne.

En résumé, les algues perforantes sont excessivement répandues dans les mers depuis une époque très reculée. Leur œuvre, bien que peu visible au premier abord n'en est pas moins grandiose. Leur rôle dans la circulation du calcium et, à un certain point, dans celle du magnésium, est très important.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Légumineuses. Développement du proembryon chez le* Trifolium minus *Rehl.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Léon Guignard.

La cellule apicale du proembryon bicellulaire (*ca*, *fig.* 1) se partage par une cloison oblique en deux éléments de forme et de dimensions dissemblables, *a* et *b* (*fig.* 2 à 4). La cellule basale *cb* se divise, peu après, par une paroi également oblique ou à peu près verticale, en deux cellules juxtaposées; dans celles-ci les cloisonnements se succèdent selon des directions assez variables; ils aboutissent à la formation d'un suspenseur proprement dit, globuleux, aplati, ne contribuant nullement à la construction de l'embryon.

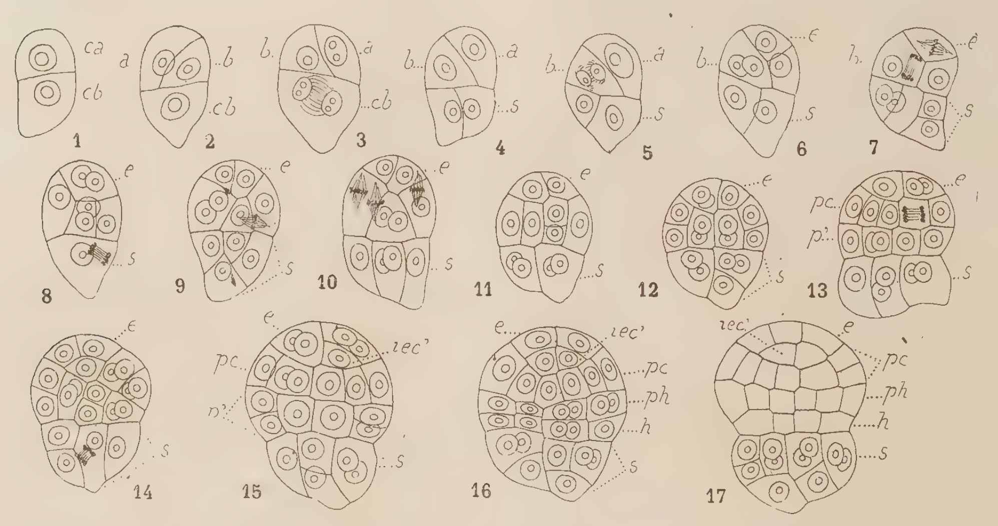


Fig. 1 à 17. — *Trifolium minus* Rehl. — Les principales étapes du développement du proembryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *s*, suspenseur proprement dit; *e*, épiphyse; *pc*, partie cotylée; *p'*, assise engendrant la partie hypocotylée et l'hypophyse; *ph*, partie hypocotylée; *h*, hypophyse; *iec'*, initiales de l'écorce de la tige. G. = 500.

La cellule *a* (*fig.* 5 et 6) prend une cloison oblique, normale à la précédente, et la cellule *b* une cloison à peu près verticale, méridienne. Les quatre éléments issus de la cellule apicale viennent ainsi occuper les quatre sommets d'un tétraèdre et l'un d'eux, placé au sommet de l'embryon, se comporte, dans la suite, comme une épiphyse, semblable à celle qui a été observée chez certaines Dicotylédones.

Les trois cellules placées au-dessous de l'épiphyse se divisent en règle générale par des cloisons verticales (*fig.* 8, 9); cela ne paraît nullement douteux pour ce qui concerne la cellule-sœur de l'épiphyse; mais les deux cellules-filles de *b* peuvent prendre des cloisons plus ou moins obliques. Quoi qu'il en soit, il apparaît bientôt, dans cette région, six éléments que l'on peut aisément identifier en dénombrant leurs noyaux, mais dont l'orientation géométrique véritable dans le plan horizontal paraît difficile à déterminer.

Par segmentation transversale de ces six éléments (*fig.* 10), il se constitue bientôt deux assises cellulaires très nettes (*fig.* 11 à 13, *pc* et *p'*). Le plus souvent, les cloisons sont franchement horizontales (*fig.* 11 et 12), mais parfois (*fig.* 14) elles prennent des directions plus ou moins inclinées, et la différenciation des deux assises ne se produit qu'un peu plus tard; elle est, en tout cas, très constante et toujours évidente aux stades correspondant à la figure 15. Alors que les éléments de l'assise supérieure, *pc*, placée directement sous l'épiphyse, commencent à se cloisonner verticalement ou tangentiellement, les éléments de la couche inférieure, *p'*, voisine du suspenseur, se segmentent horizontalement (*fig.* 15 à 17) et donnent bientôt naissance, de la sorte, à deux nouvelles assises *ph* et *h*.

Entre l'épiphyse et le suspenseur proprement dit, le proembryon se trouve ainsi partagé en trois assises cellulaires toujours bien séparées par deux plans horizontaux, dont le premier correspond au plan équatorial. Elles jouent dans la construction de l'embryon et de la plante un rôle bien déterminé. A leur niveau, les éléments ne sont pas encore différenciés; on ne peut reconnaître ceux qui sont destinés à engendrer le dermatogène, le périblème ou le plérome.

Je montrerai prochainement à quel stade de l'embryogenèse cette séparation des histogènes devient définitive et quelles fonctions sont attribuées aux trois assises dont on vient de voir le mode d'origine. Pour le moment, on notera le caractère bien particulier des lois qui président au développement de l'embryon chez le *Trifolium minus*. A cet égard, cette espèce diffère essentiellement de toutes celles qui ont déjà été examinées. Quelques termes de rapprochement peuvent néanmoins être relevés. Ainsi, par la disposition tétraédrique des quadrants, par la formation d'une épiphyse aux dépens d'un de ces quadrants, le *T. minus* peut être comparé au *Geum urbanum* et à l'*Erodium cicutarium*. La différenciation immédiate de la cellule basale en un suspenseur *sensu stricto* rappelle le cas du *Sagina procumbens*.

CRYPTOGAMIE. — *Recherches sur les causes de l'apparition du périthèce chez l'*Aspergillus fumigatus Fresenius. Note (¹) de MM. **A. Sartory**, **R. Sartory** et **J. Meyer**, présentée par M. Guignard.

Pour rechercher les causes de l'apparition de la reproduction sexuée dans les cultures de l'*Aspergillus* soumis à l'irradiation, nous avons entrepris les expériences suivantes :

I. *Modification du* pH. — En ce qui concerne les modifications de la concentration en ions H des différents milieux dissociés et non dissociés apportées par le radium, nous pouvons formuler la conclusion suivante : dans une solution renfermant des albuminoïdes sans électrolytes, le pH n'est guère modifié ou légèrement dévié vers l'alcalinité par l'irradiation ; au contraire, la concentration en ions H d'une solution dissociée augmente sous l'influence de l'irradiation. Ces variations se produisent directement pendant la période de l'irradiation et le maximum d'écart se manifeste après une periode de 10 à 15 jours.

II. *Modifications du pouvoir diastasique.* — Nous nous sommes adressés aux diastases suivantes : présure, caséase, gélatinase, sucrase, trypsine. Nous avons distingué les diastases extracellulaires et intracellulaires (²). En ce qui concerne les exodiastases, nous pouvons dire qu'en milieu dissocié seulement l'activité diastasique extracellulaire est fortement diminuée par le radium ; quant aux endodiastases, nous constatons qu'en milieu dissocié seulement l'activité diastasique intracellulaire est augmentée très sensiblement par le radium. Nous voyons donc qu'un écart relativement considérable se produit dans le milieu dissocié et cet écart se manifeste chez les deux sortes de diastases (*exo* et *endo*) dans deux sens exactement opposés ; dans ce même milieu nous avons vu une modification accentuée du pH. Les causes de ces phénomènes résident dans une diminution de la perméabilité de la membrane cellulaire (³) et la diffusion à l'extérieur des diastases élaborées malgré le radium ne se produit plus, suite d'un trouble apporté dans l'équilibre des membranes de Donnan.

C'est dans la zone limite acide de croissance de l'organisme, moment où

(¹) Séance du 20 avril 1927.

(²) M. Holderer, *Recherches sur la filtration des diastases* (Th. Sc., Paris, 1911).

(³) J. Loeb, *La théorie des phénomènes colloïdaux. Les Protéines*, F. Alcan (Paris, 1924-1925).

les diastases ne diffusent plus, que nous avons vu apparaître la reproduction sexuée. Afin de comparer ces modifications apportées par le radium avec les propriétés biologiques (diastases) de races d'*Aspergillus* sexuées et asexuées, nous avons examiné les différentes souches suivantes : souche normale pathogène, souche provenant de périthèce, souche de première génération sexuée, souche de deuxième génération sexuée, souche normale irradiée même. De ces diverses cultures, celle de deuxième génération a, dans des recherches antérieures, toujours conservé le mode sexué, tandis que pour la première génération et celle issue d'ascospores directes, nous avons toujours eu des mutantes. Dans la recherche de l'activité diastasique, nous avons constaté l'absence presque complète de sécrétions diastasiques chez la deuxième génération, et chez les autres échantillons, la production d'exo-diastases.

En comparant les propriétés de ces différentes souches avec celles de l'espèce irradiée, nous pouvons conclure : l'apparition du phénomène de la sexualité produit par le radium se manifeste à la zone limite acide de croissance occasionnée par l'introduction d'un électrolyte dans le milieu; elle est en intime relation avec la production d'enzymes et dépend d'un trouble apporté dans l'équilibre des membranes de Donnan ayant pour conséquence une diminution de la perméabilité cellulaire [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du foie broyé sur le cyanate d'ammonium.* Note de M. **R. Fosse** et de Mlle **N. Rouchelmann**, présentée par M. Émile Roux.

1. Le dosage de l'urée, produite par une même quantité de cyanate d'ammonium, seul ou additionné de pulpe hépatique, accuse un déficit notable dans le mélange cyanate d'ammonium-foie.

Des matériaux de la cellule hépatique, connus ou inconnus, empêchent une importante partie du cyanate, mis en expérience, de subir la transformation de Wœhler :

$$\mathrm{CONH, NH^3} \rightarrow \mathrm{CO}\begin{cases}\mathrm{NH^2} \\ \mathrm{NH^2}\end{cases}.$$

2. *Action du cyanate d'ammonium sur le foie à* 37-40°. — Un volume déterminé de solution de cyanate qui, après 24 heures à l'étuve, produit

[1] Le détail de ces recherches est exposé dans un Mémoire étendu.

$5^g,39$ d'urée, n'en donne, dans les mêmes circonstances, que $2^g,34$, lorsqu'il a été préalablement mêlé à 1^{kg} de foie.

Or, le foie témoin renferme, par kilogramme, $1^g,38$ d'urée totale, formée, soit pendant la vie de l'animal, soit après sa mort, d'après un phénomène découvert par Ch. Richet. Donc, dans ces conditions, 1^{kg} de foie détourne de sa transformation normale en urée une quantité de cyanate supérieure à :

$$5^g,39 - 2^g,34 = 3^g,05.$$

Si l'ammoniaque du cyanate (sel à réaction alcaline) était sans influence sur l'autolyse et la production d'urée dans le phénomène de Richet, la proportion de ce sel non transformée en urée, en présence de 1^{kg} de foie, pourrait être évaluée très exactement. Elle serait, alors, représentée par :

$$5^g,39 - (2^g,34 - 1^g,38) = 4^g.43.$$

Technique. — A. Pulpe de foie. — Le foie d'un chien, saigné à blanc, est congelé, broyé et additionné de $0^g,5$ pour 100 de fluorure de sodium.

B. Solution mère de cyanate d'ammonium :

Cyanate d'argent	$7^g,5$
Chlorure d'ammonium	4^g
Eau	100^{cm^3}

C. On place à l'étuve, vers 37°-40°, pendant des intervalles de temps croissants, quatre séries de vases contenant :

1° *Solution de cyanate témoin :*

Solution mère de cyanate	10^{cm^3}
Solution de NaF à 1/200	20^{cm^3}

2° *Foie cyanaté :*

Solution mère de cyanate	10^{cm^3}
Pulpe de foie fluorée	30^g

3° *Foie témoin :*

Pulpe de foie fluorée	30^g
Eau	10^{cm^3}

4° *Foie témoin chlorure d'ammonium :*

Chlorure d'ammonium	$0^g,4$
Eau	10^{cm^3}
Pulpe de foie fluorée	30^g

D. Chacun des vases reçoit 30^{cm^3} d'iodomercurate acétique. Leur contenu est amené,

après agitation, addition d'eau, filtration et lavage au volume de 100^cm³. A 20^cm³ de chaque liqueur, on ajoute 40^cm³ d'acide acétique et du xanhydrol (1^g pour 200^cm³ du volume total), dissous, à froid et au moment de l'expérience, dans 10 pour 100 d'acide acétique.

	Xanthyl-urée pour 20^cm³.	Urée produite par 1000^g Foie.	Urée produite par Cyanate (333^cm³,3 solut. mère). Seul.	Urée produite par Cyanate (333^cm³,3 solut. mère). Mêlé à 1000^g Foie.	Cyanate d'am. non transformé en urée, en présence de 1000^g Foie Valeur approchée :
24 heures à 37°-40°.					
	g	g	g	g	g
1. Cyanate d'am. témoin..	0,2280	»	5,39	»	»
2. Foie témoin..........	0,0583	1,38	»	»	»
3. Foie cyanaté.........	0,0985	2,34	»	0,96	4,4
4. Foie témoin av. NH^4Cl.	0,0564	1,33	»	»	»
48 heures à 37°-40°.					
1. Cyanate d'am. témoin..	0,298	»	7,05	»	»
2. Foie témoin..........	0,0759	1,80	»	»	»
3. Foie cyanaté.........	0,103	2,43	»	0,63	6,4
4. Foie témoin av. NH^4Cl.	0,080	1,90	»	»	»
96 heures à 37°-40°.					
1. Cyanate d'am. témoin..	0,309	»	7,32	»	»
2. Foie témoin..........	0,0849	2,01	»	»	»
3. Foie cyanaté.........	0,1146	2,69	»	0,68	6,6
4. Foie témoin av. NH^4Cl.	0,0843	2,00	»	»	»

3. *Action du cyanate d'ammonium sur le tissu hépatique chauffé à* 100°. — Des résultats semblables sont obtenus avec le foie de chien, préalablement chauffé à 100°, ou, lorsqu'on place le tissu broyé au bain-marie bouillant, ausssitôt après son mélange avec le cyanate. Un kilogramme de foie, coagulé, peut ainsi empêcher près de 5^g de cyanate d'ammonium de produire de l'urée.

La séance est levée à 15^h20^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 11 avril 1927.)

Note de *G. Bigourdan*, Sur la longitude Paris-Greenwich :

Page 920, ligne 20, au lieu de *Nauenpolis*, lire *Nauen*.

Page 921, ligne 10, au lieu de *augmentée de* $0^s,02$ *en valeur absolue et portée à* $0^h.9^m.20^s,95$ E, lire *diminuée de* $0^s,02$ *en valeur absolue et réduite à* $0^h.9^m.20^s,91$ E.

Note de M. *Léon Pomey*, Sur les équations intégro-différentielles aux dérivées partielles d'ordre infini, dont la solution a le même domaine d'existence que les coefficients :

Page 925, dernière ligne, *au lieu de* équations différentielles ordinaires, *lire* équations différentielles linéaires.